



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Desarrollo de Sistema de Computación para el cálculo de
diagramas momento curvatura de secciones de concreto
armado en Huancayo, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Hinostroza Llanto, Saúl Elvis (ORCID: 0000-0001-9337-6004)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID: 0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A quien nació, murió y resucitó, por mí, el Rey de Reyes y Señor de Señores, Jesucristo, y su plenitud amor, por darme la fuerza y la sabiduría para lograr uno de mis mayores objetivos.

A mis padres, por su apoyo incondicional y moral, reconozco todo su esfuerzo y sacrificio, para poder estudiar, se merecen esto y mucho más, siempre voy dar gracias a Dios, por haberme dado padres ejemplares, en la vida y tengo el privilegio de ser su hijo.

AGRADECIMIENTO

A Jesucristo por su amor y su misericordia, a mis padres, Raúl y Cristina quienes a lo largo de mi carrera me han apoyado y motivado en mi formación profesional, su esfuerzo, voluntad y perseverancia, ha hecho de ellos un ejemplo a seguir para mí y mis hermanos.

A mis hermanos Alicia, Misael y Samuel por ser mi compañía y motivo, mi apoyo y mi fuerza para seguir adelante, a mis tíos y tías, por abrirme las puertas en algunas circunstancias, al ingeniero Paolo por brindarme su conocimiento y todos los docentes de dicha universidad, a mis amigos, por sus consejos sabias.

A todos ellos, gracias por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	1
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	2
ÍNDICE DE TABLAS	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	7
II. MARCO TEÓRICO.....	11
III. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Tipo y Diseño de investigación	32
3.2. Variables y operacionalización	32
3.3 Población, muestra y muestreo	33
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5. Procedimientos.....	37
3.6 Método de análisis de datos	37
3.7 Aspectos éticos	38
IV. RESULTADOS.....	39
V. DISCUSIONES	78
VI. CONCLUSIONES	86
VII. RECOMENDACIONES.....	89
REFERENCIAS.....	91
ANEXOS	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1: Estructura condicional simple.	17
Figura 2: Estructura condicional doble.	18
Figura 3: Estructura de condición múltiple IF/ELSEIF/ELSE/END.	18
Figura 4: Estructura de condición múltiple SWITCH/CASE.	19
Figura 5: Estructura repetitiva FOR.....	20
Figura 6: Estructura repetitiva WHILE.....	21
Figura 7: Comando plot (x,y).....	22
Figura 8: Comando grid on.....	22
Figura 9: Comandos de etiqueta.	23
Figura 10: Izquierda: Deformación de una porción diferencial del elemento... 25	
Figura 11: Forma general del diagrama momento curvatura.	27
Figura 13: Modelo Trilineal para el acero.	40
Figura 14: Modelo de Park y Paulay para el acero.	42
Figura 15: Bloque rectangular de Whitney para el concreto no confinado.	43
Figura 16: Modelo de que Kent y Park para el concreto confinado y sin confinar.	43
Figura 17: Modelo de Park y Priestley para el concreto armado.....	45
Figura 18: Modelo Trilineal para el acero.....	54
Figura 19: Modelo Park y Paulay para el acero.	54
Figura 20: Comparación de los modelos constitutivos para el concreto.	55
Figura 21: Flujograma de programación del programa “mocurva1”.	57
Figura 22: Comparación de las curvas momento curvatura, calculadas con el programa “mocurva1” con distintos modelos constitutivos del concreto.	68
Figura 23: Cambio de posición. Izquierda: Viga plana. Derecha: Viga peraltada.	70
Figura 24: Influencia de la sección peraltada en el diagrama momento curvatura de secciones de vigas.	71
Figura 25: Sección de columna (50x50cm) trabajando a flexo compresión. ...	72
Figura 26: Comparación de las curvas momento curvatura asociadas a una cuantía de reforzamiento longitudinal.	73

Figura 27: Efecto de la cuantía de acero longitudinal en la ductilidad local por curvatura de una columna sometida a flexo compresión.	74
Figura 28: Arriba: Sección de muro (20x120cm) sin y con elementos de borde de (25x25cm).	76
Figura 29: Efecto de los elementos de borde (25x25cm) en el diagrama momento curvatura de una sección de muro de 20x120cm.....	77
Figura 30: Diagramas momento curvatura de viga peraltada de la investigación con Rodríguez.....	80
Figura 31: Diagramas momento curvatura para sección de columna trabajando a flexo compresión de 50x50cm y cuantía de 1% Medina y la investigación ..	81
Figura 32: Modelo de Mander para el concreto confinado y no confinado, asumido por Medina.....	82
Figura 33: Modelo desconocido para el comportamiento del acero, asumido por Medina 2015	83
Figura 34: Modelo bilineal idealizado por Castrans asumido por Medina.	83
Figura 35: Diagramas momento curvatura para muro sin elementos de borde, Romero y la investigación.	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Lista de fichas de recolección.....	34
Tabla 2: Lista de expertos	35
Tabla 3: Resumen de normas.	35
Tabla 4: Listado de Código.....	36
Tabla 5: Resumen de actividades.	37
Tabla 6: Propiedades de los materiales de la sección de viga.	69
Tabla 7: Resumen de resultados para vigas.	71
Tabla 8: Propiedades de los materiales y características de la columna trabajando a flexo compresión.	72
Tabla 9: Distribución de fierros según cuantía de reforzamiento longitudinal para la columna.....	73
Tabla 10: Resumen de resultados para columnas	73
Tabla 11: Propiedades de los materiales para las secciones de muro.....	75
Tabla 12: Distribución del refuerzo longitudinal de la sección de muro con y sin elementos de borde.	76
Tabla 13: Resumen de los efectos que provocan los elementos de borde (25x25cm) en el diagrama momento curvatura de una sección de muro de 20x120cm.....	77
Tabla 14: Resumen de la asociación de diagramas momento curvatura de viga peraltada de la investigación y Rodríguez.	80
Tabla 15: Resumen de la asociación de diagramas momento curvatura de columna trabajando a flexo compresión, investigación y Medina.....	81
Tabla 16: Resumen de la asociación de diagramas momento curvatura de muros sin elementos de borde, investigación y Romero.....	85

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo “Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y evaluación de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021”. El tipo de investigación es aplicada y el diseño pre experimental. La muestra del estudio son las secciones de vigas y muros trabajando a flexión y las columnas trabajando a flexo compresión. El muestreo fue a criterio del investigador. La metodología para el cálculo de diagramas momento curvatura está basada en los principios: compatibilidad de deformaciones, equilibrio de fuerzas y equilibrio de momentos. Tras la obtención de los resultados del sistema de computación, se observó que al peraltar la sección en vigas la ductilidad por curvatura aumenta de 12.24 a 20.63 en un 68%. De igual manera al incrementar la cuantía de refuerzo longitudinal en columnas, la ductilidad disminuye de 4.42 a 3.41 y 3.01. Y al colocar elementos de borde en muros disminuye de 22.43 a 13.09 en -42%. Concluyendo, que la aplicación del sistema de computación facilitó en el cálculo y en la evaluación de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado.

Palabras clave: diagrama momento curvatura, software para cálculo de diagrama momento curvatura, ductilidad, rigidez efectiva.

ABSTRACT

The purpose of this research is to “Evaluate how the application of the Computer System influences the calculation and evaluation of curvature moment diagrams of reinforced concrete sections in Huancayo, 2021”. The type of research is applied and the design is experimental. The study sample are the sections of beams and walls working in flexion and the columns working in flexion compression. Sampling was at the discretion of the researcher. The methodology for the calculation of curvature moment diagrams is based on the principles: compatibility of deformations, balance of forces and balance of moments. After obtaining the results of the computer system, it was observed that when the section in beams was made, the ductility due to curvature increased from 12.24 to 20.63 by 68%. Similarly, when increasing the amount of longitudinal reinforcement in columns, the ductility decreases from 4.42 to 3.41 and 3.01. And when placing border elements on walls it decreases from 22.43 to 13.09 by -42%. Concluding, that the application of the computer system facilitated in the calculation and in the evaluation of curvature moment diagrams of reinforced concrete sections.

Key words: curvature moment diagram, software to calculate curvature moment diagram, ductility, effective stiffness.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un territorio sísmico y la gran parte de sus construcciones, sobre todo las más antiguas, son vulnerables a movimientos sísmicos. El último gran terremoto que afectó a la ciudad de Huancayo ocurrió en 1969. Ya han pasado más de 40 años y los especialistas advierten que ante un posible sismo como lo ocurrido en Loreto el 26 de mayo de 2019, con magnitud de 7.5 Richter podría ser catastrófico. Los propietarios no pierden la mala práctica de construir sus viviendas con poca o ninguna capacitación técnica, desconociendo el beneficio económico que genera gestionar un proyecto de acuerdo a los estándares de calidad que promueve el reglamento nacional de edificaciones. Según (AGUIAR, Roberto; MORA, David; RODRIGUEZ, Michael, 2015) la tendencia del análisis sísmico de edificaciones en todo el mundo es hacia el análisis de la linealidad y la no linealidad física del material, que consiste en determinar la secuencia de daño de la sección del elemento hasta que alcanza la rotura. (p. 2) La ventaja de este método es lograr edificaciones más económicas diseñando estructuras que tienen un mejor desempeño sísmico, también la norma peruana menciona en él (RNE, 2020), la estructura no debe colapsar ni causar daños graves hacia las personas. Esto nos impulsa a Conocer la secuenciación de daño del elemento y podemos conocer el cambio progresivo del momento curvatura que influirá en la estabilidad global de la estructura. Para conocer el comportamiento de estas secciones tenemos que construir herramientas graficas que se conocen como diagramas de momento curvatura que relacionan la deformación que se desarrolla en la sección con el momento flector que la provoca. Distintos investigadores, entre ellos (RODRIGUEZ MORALES, 2015) siguen investigando probables mejoras para modelar de manera más realista la conducta no lineal de estos elementos con los diagramas momento curvatura. (p. 1). Se ha observado en el distrito de Huancayo una gran dificultad por parte de los profesionales para calcular el momento curvatura de las secciones de concreto armado. Debido a la complejidad de los cálculos a desarrollar. También nos falta docentes y especialistas en la rama de Ingeniería estructural. En consecuencia, muchas edificaciones son vulnerables a eventos sísmicos, o bien, son estructuras demasiado rígidas con elementos sobredimensionados perjudicando la economía del propietario. Se ha observado a nivel nacional que tenemos una gran dependencia de software extranjeros como, por ejemplo, el programa Etabs, SAP 2000, SAFE, o Robot Structural que su interfaz gráfica se

presenta en idioma inglés, son versátiles y eficientes para el diseño en oficina, pero son ineficaces para la enseñanza o la investigación. Las investigaciones en el campo del comportamiento elástico y el comportamiento inelástico de los materiales de construcción son muy pocas. Porque no tenemos Sistemas de Computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021. Por lo tanto, es necesario implementar un Sistema de computación practico y amigable para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado.

Según (VARA HORNA, 2015), menciona que “ en una investigación es fundamental formular el problema, lo cual el método científico se relaciona mediante preguntas, el encargado de responder es la hipótesis, y luego se pasara a prueba mediante la metodología y trabajo” (p.180). de manera que, esto nos permite establecer el objetivo de la investigación en relación con las variables. De acuerdo a lo mencionado anterior planteo el **Problema general**

- ¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación contribuye en el cálculo y evaluación de Diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021?

Luego se generan tres **problemas específicos**:

- ¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación contribuye en el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas?,
- ¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación contribuye en el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas de secciones de concreto?,
- ¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación contribuye en el cálculo y la evaluación de la flexión de muros?,

Con la finalidad de justificar estos problemas, se redacta la justificación teórica y práctica.

En cuanto a la **justificación teórica** menciona que, en la Región Junín se necesita evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones que presentan distintos sistemas estructurales, predominando la albañilería y el concreto armado. Sin esta

data es difícil diseñar un plan de contingencia y prevención de desastres que se ajuste a la realidad. Para evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio se empieza por el cálculo del diagrama momento curvatura, con el objeto de conocer la máxima capacidad a flexión en vigas de los elementos, por consiguiente, hacer la comparación de las cantidades de demandas que se adquieren en el diseño, la **justificación práctica**, los beneficiados serán la población en general, ya que el sistema facilitara a los profesionales los mejores resultados en el campo de la linealidad y la no linealidad física de los materiales.

Como **objetivo general** es Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y evaluación de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021. Y los **objetivos específicos** son:

- Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas.
- Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas.
- Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexión en muros.

Por lo cual la **hipótesis general** se plantea como tal: La aplicación del Sistema de Computación facilitara el cálculo y evaluación de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021. Y las **hipótesis específicas** son las siguientes:

- La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas.
- La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas.
- La aplicación del Sistema de Computación facilitara el cálculo y la evaluación de la flexión en muros.

II. MARCO TEÓRICO

Para poder realizar este capítulo, era necesario recopilar información de distintas fuentes a nivel nacional y también a nivel internacional, esto nos ayuda a fundamentar credibilidad y sustento al tema de investigación, lo cual los antecedentes son:

En el ámbito nacional; (NONTOL, 2016), realizó su tesis de investigación: ***“Aplicaciones multimedia para el curso de mecánica estructural”***; en la Pontificia Universidad Católica del Perú, tuvo como objetivo principal facilitar herramientas a modo de aplicaciones escritas en MATLAB, para aumentar el aprendizaje y dictado del curso Mecánica Estructural mediante el docente, con este sistema ayudar el aprendizaje de los estudiantes. Lo cual será una interfaz amigable con futuro numérica y gráfica y así abstraer mejor los resultados. Fue un estudio aplicado y experimental, donde los instrumentos fueron el sistema, donde los resultados fueron eficaces y de fácil entender. La investigación concluye que en Matlab se puede exponer herramientas didácticas y de inteligible uso, en lo cual nos báculo a encontrar resultados numéricos y gráficos que facilitan la idealización de la Ingeniería estructural. También la reunión de informaciones y la acción de las aplicaciones en archivos ejecutables, la facilidad de usar sin instalar Matlab. Gracias a esto el público en general y estudiantes puede acceder a los programas sin restricciones.

(CHANG TUKUSHIMA, 2015), realizó su tesis de Maestría: ***“Estudio de relaciones momento-curvatura en secciones de concreto armado y concreto preesforzado sometidas a flexión”***; en la Pontificia Universidad Católica del Perú, la investigación tuvo como objetivo realizar el trabajo del diagrama momento – curvatura de los elementos de concreto armado preesforzado bajo flexión monotónica. Mediante la implementación de la hoja de cálculo y lo cual nos va proporcionar la construcción del diagrama momento – curvatura. Fue un estudio aplicado y experimental donde los instrumentos la hoja de cálculo, la muestra fue las secciones de 40x70 y con cuantía de acero bajo intermedio y alto, los resultados fueron muy similares al programa Section Designer. La investigación concluye que la conexión del programa nos ayuda el cálculo del diagrama momento – curvatura de manera rápida y de licencia libre. La hoja de cálculo es accesible al usuario de

manera clara y su precisión se confirmada mediante el programa Section Designer e investigaciones analíticas por varios autores. tal hoja de cálculo tiene sus limitaciones, ya que es imposible de realizar el análisis de todas las posibles secciones de vigas.

(POMA DE LA CRUZ, 2018), realizo su tesis de maestría: “**Software educativo para la automatización del análisis no lineal estático Pushover en estructuras de Concreto Armado**”, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, tuvo como objetivo principal es tomar en consideración el análisis no lineal estático y dinámico Pushover, mediante Visual Basic de Excel en todos los miembros de Concreto Armado. Fue un estudio aplicativo y experimental, lo cual los instrumentos fueron el software. La muestra fue las secciones, lo cual los resultados fueron eficaces y comparadas con SAP 2000, concluye, de acuerdo a los avances de los programas como: “análisis no lineal Pushover”, mientras tenemos un programa de autoayuda que es el ANALISIS MATRICIAL AUTOMATIZADO PUSHOVER 2D, cabe destacar que se hizo la implementación de los cálculos diagrama – curvatura para las secciones de los miembros de concreto armado, esto hace para conocer a detalle el comportamiento de la sección del elemento, mientras se tenga una curvatura ultima elevada resulta que los estribos aumenta la ductilidad.

En el ámbito internacional; (SANCHEZ TOMALA, 2018), realizo su tesis de título profesional: “**Automatización del diagrama de interacción de columnas de hormigón armado mediante el uso de Matlab**”, en la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad Estatal del Sur de Manabí – Ecuador, tuvo como objetivo la automatización del diagrama de interacción de los elementos estructurales como: columnas de concreto armado mediante el uso de Matlab, la investigación. Fue un estudio aplicado y experimental, por lo cual los instrumentos fueron el sistema Matlab, con una muestra de columnas rectangulares y circulares, tiene como resultado la interfaz gráfica con obtención de la carga ultima resistente de una columna y concluye que con el programa CCR elaborado mediante Matlab, se podrá realizar de una manera rápida y eficaz el diseño y revisión de columnas cuadradas, rectangulares y circulares. Las curvas de Interacción nominal del aplicativo fueron corroboradas con el programa SAP 2000 demostrándose su

confiabilidad. El procedimiento para realizar la curva de Interacción es único para las distintas secciones y la precisión dependerá del número de puntos a considerar.

(AGUIAR, Roberto; MORA, David; RODRIGUEZ, Michael, 2015), realizaron la revista CIENCIA: “**Diagrama Momento Curvatura y Momento Rotación para elementos de Hormigón armado y acero con ASCE/SEI 41 y sistema de computación CEINCI-LAB**”, para el Departamento de ciencias de la tierra y la construcción en Ecuador. cuyo objetivo primordial es demostrar al lector, la mejor manera y sencilla para lograr el diagrama momento - curvatura usando los saberes previos y tablas ASCE 41. Fue un estudio aplicado y experimental, la muestra fue viga y columnas, en conclusión, podemos deducir que se presentó programas del sistema de computación CEINCI-LAB, estos programas nos ayudan hallar los diagramas momento - rotación y momento - curvatura de los miembros de concreto armado y acero, así como de una diagonal de acero se alcanzó la interacción fuerza desplazamiento, siempre considerando los lineamientos de las estipulaciones del ASCE-41.

(RODRIGUEZ MORALES, 2015), realizó el artículo científico: “**Diagramas momento-curvatura para secciones de hormigón armado. Determinación del valor de ductilidad local de una sección de hormigón armado. Empleo del programa Matlab en aplicaciones estructurales a nivel seccional**”, Universidad Politécnica de Madrid, España. Tuvo como objetivo hacer una descripción ligera de las relaciones que tienen la ductilidad a nivel del elemento local con la ductilidad a nivel general o global, esto es muy importante para ver el comportamiento de la estructura sometida a la acción sísmica. Tal investigación concluye que los programas como Matlab facilitan la ejecución de cálculos iterativos particulares de los inconvenientes de la no linealidad, además de facilitar la creación de diagramas momento curvatura, que facilitan la comprensión mediante los resultados.

(MEDINA, 2015), realizó la Revista Politécnica con tema: “**Desempeño de Secciones de Hormigón Armado a Flexo – Compresión Mediante el Análisis de la Relación Momento – Curvatura**”; en la Universidad de Quito - Ecuador, tuvo como objetivo de tener conocimiento de la función de la ductilidad de curvatura y

por otro lado la máxima resistencia a flexión de la sección, por lo cual efectuar una relación entre los respectivos valores y las solicitudes alcanzadas, por lo tanto concluye, si se incrementa el porcentaje de acero longitudinal, el miembro tiene un comportamiento frágil, porque primero empieza a fallar por corte y luego por flexión, lo cual no se requiere en un diseño, lo cual es recomendable que el elemento falle primero por flexión y luego por corte. Si se incrementa el acero de refuerzo transversal esto hace que el miembro es dúctil, por lo cual los estribos proporcionan mayor ductilidad. Entonces cabe destacar que es necesario hacer un confinamiento adecuado.

(IÑIGUEZ ALVARADO, y otros, 2015), realizo la revista como tema: ***“resistencia a flexo compresión y capacidad de deformación lateral de muros rectangulares de concreto reforzado en zonas sísmicas”***, universidad Nacional Autónoma de México, tuvo como objetivo, estudiar las por pandeo de refuerzo longitudinal en muros, se puede concluir que el procedimiento propuesto para el cálculo del desplazamiento último en muros rectangulares de concreto armado cuya falla está asociada al pandeo de barras de refuerzo longitudinal es aceptable, con un promedio de desplazamiento ultimo medido entre el desplazamiento ultimo calculado igual a 1.16 y un coeficiente de variación igual a 0.23.

(ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015), realizo su tesis de título profesional ***“Obtención del diagrama momento- curvatura en muros de concreto reforzado”***, Universidad Pontificia Bolivariana, tuvo como objetivo, obtener el diagrama - momento curvatura para muros de concreto armado, fue un estudio aplicado y experimental, por lo cual los instrumentos fueron programas existentes, y la muestra, un muro pantalla de 0.20 m x 1.20 m, se tiene como resultado, que las deformaciones varían y también el momento de figuración, concluye que la ductilidad de cada elemento varia y el momento curvatura también varía y esto depende de los métodos a usar.

En lo teórico tenemos: **SISTEMA DE COMPUTACIÓN**
ALGORITMOS DE PROGRAMACIÓN

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), un sistema de computación viene a ser un vocabulario o conjunto de normas gramaticales que instruyen a una computadora a desarrollar una tarea específica. Es decir, es un sistema rotacional para describir instrucciones de una forma legible tanto para la máquina como para el ser humano. (p.15).

Los lenguajes de programación se caracterizan por su eficiencia, expresividad, capacidad de mantenimiento, legibilidad, confiabilidad, seguridad, simplicidad, y productividad. Las ventajas que existen en el estudio de los lenguajes de programación, son las siguientes:

- Aumenta la capacidad para producir software.
- Mejora la habilidad para desarrollar mejores algoritmos.
- Potencia el uso de los lenguajes de programación.
- Incrementa el vocabulario.
- Permite elegir mejor el lenguaje a utilizar para cada tarea.
- Hace más fácil aprender nuevos lenguajes de programación.

ESTRUCTURAS DE CONTROL

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), cabe destacar que dichos estructuras de control vienen a ser partes fundamentales de cualquier sistema. Con la ausencia de estas, hay deficiencias, por lo cual el programa solo puede ejecutarse en un orden descrito (orden secuencial). (p.33)

Solo con Las estructuras de control se puede modificar el orden. Las dos categorías que tiene las estructuras de control son: condicionales y bucles o repeticiones.

CONDICIONALES O BIFURCACIONES

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), menciona que solo las estructuras de control condicionales, hacen que se ejecute un conjunto de varias instrucciones, en una categoría que se puede verificar. (p.33)

Los tipos de estructuras condicionales que describiremos a continuación son:

- Estructura Condicional Simple
- Estructura Condicional Doble
- Estructura Condicional Múltiple

A. Estructura condicional simple IF/END

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), si se verifica una determinada condición, se ejecuta una serie de instrucciones y luego se sigue adelante. Si la condición no se cumple, no se ejecutan dichas instrucciones y se sigue adelante. tal estructura condicional simple se representa en el diagrama de la **Figura 1**, mostrando en el lado derecho la sintaxis de esta estructura en MATLAB. (p.34)

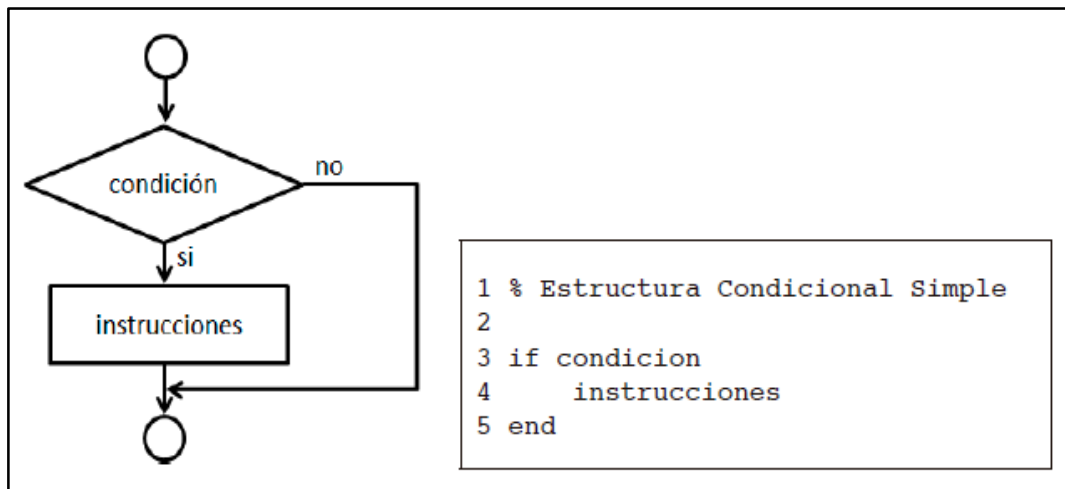


Figura 1: Estructura condicional simple.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015)

B. Estructura condicional doble IF/ELSE/END

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), si se verifica una determinada condición, se ejecuta una serie de instrucciones 1. Si la condición no se verifica, se ejecuta una serie de instrucciones 2. La estructura condicional doble se representa en el diagrama de flujo de la **Figura 2**, mostrando en el lado derecho la sintaxis de esta estructura en MATLAB. (p.36)

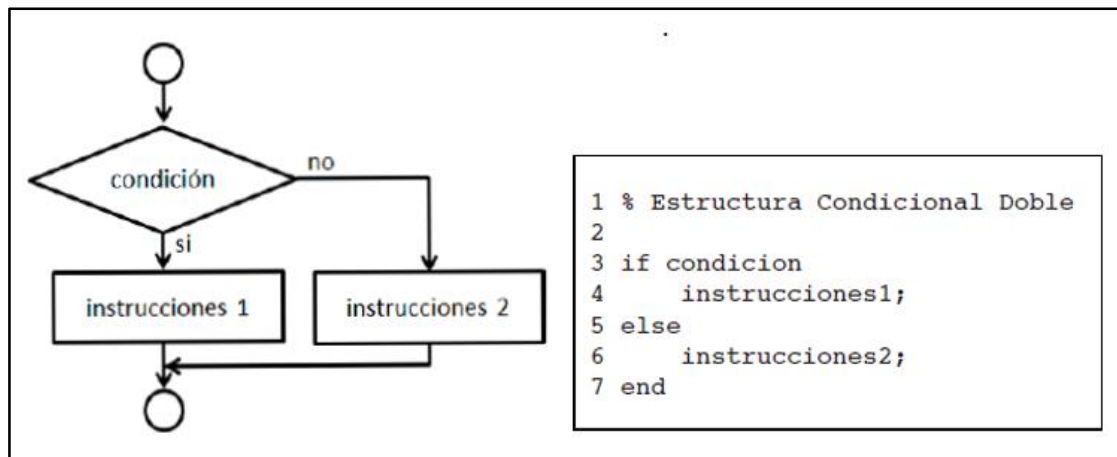


Figura 2: Estructura condicional doble.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015)

C. Estructura condicional múltiple

C.1. IF/ELSEIF/ELSE/END

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), si se verifica la condición 1, se ejecuta un bloque de instrucciones 1. Si no se verifica la condición 1, pero si se verifica la condición 2, se ejecuta un bloque de instrucciones 2. Si no se ha verificado ninguna de las condiciones anteriores, se ejecuta el bloque de instrucciones 3. La estructura condicional múltiple se representa en el diagrama de flujo de la **Figura 3**, mostrando en el lado derecho la sintaxis de esta estructura en MATLAB. (p.37)

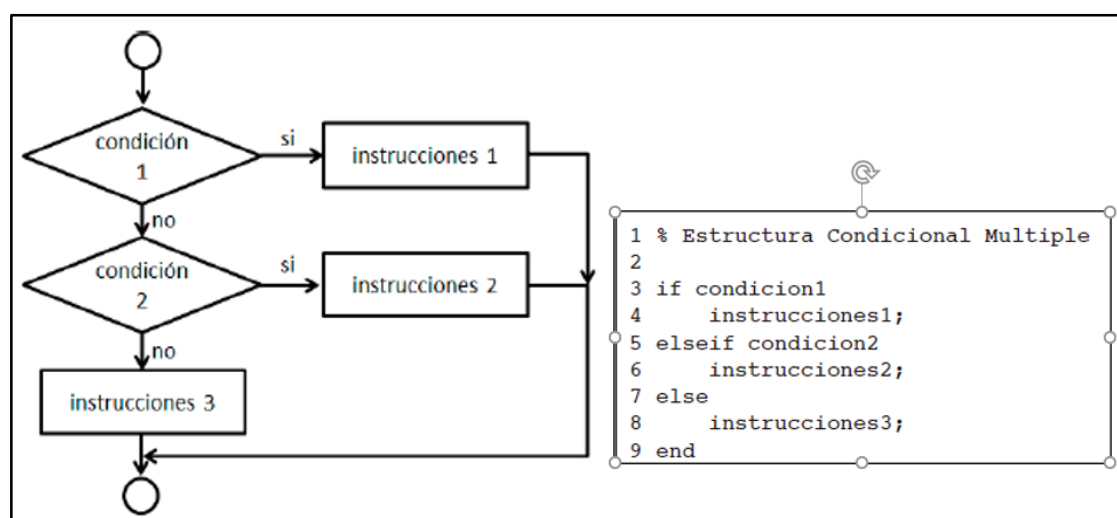


Figura 3: Estructura de condición múltiple IF/ELSEIF/ELSE/END.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

C.2. SWITCH/CASE

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), En la sentencia SWITCH/CASE, se compara el valor de una variable o el resultado de evaluar una expresión, con un conjunto de valores caso 1, caso 2, ..., caso k. Cuando coinciden, se ejecuta el bloque de instrucciones que están asociadas. Si el compilador no encuentra coincidencia, se ejecuta la sentencia OTHERWISE, si es que está presente en el código. La estructura condicional múltiple SWITCH/ CASE se representa en el diagrama de flujo de la Figura 4, mostrando en la parte de abajo la sintaxis de esta estructura en MATLAB. (p.42)

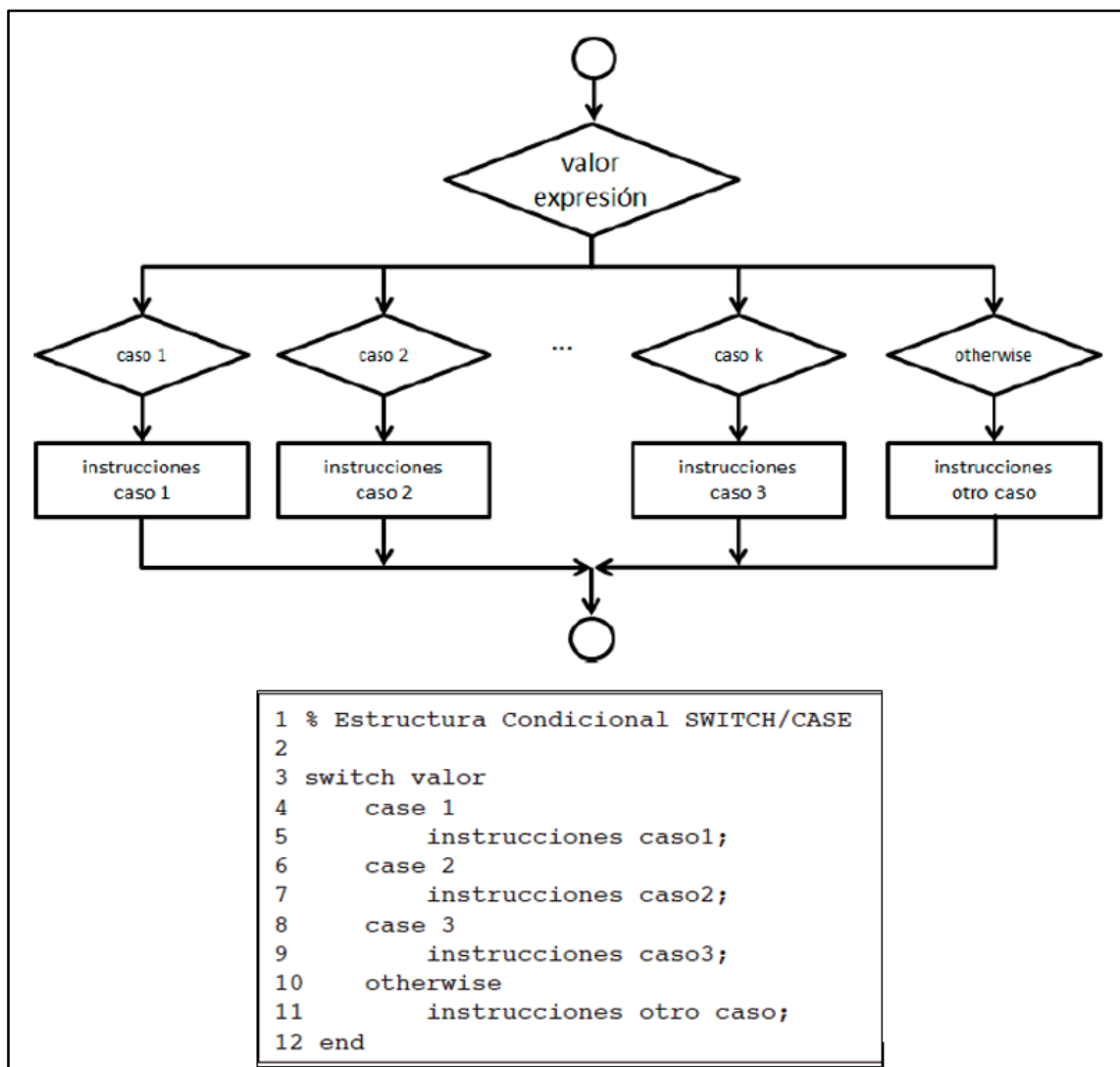


Figura 4: Estructura de condición múltiple SWITCH/CASE.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

BUCLAS O REPITICIONES

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), Los bucles o repeticiones permiten que se ejecute repetidamente un conjunto de instrucciones, bien un número predeterminado de veces, o bien hasta que se verifique una determinada condición. (p. 43) Existen dos tipos de estructuras de repetición:

1. Estructura de Repetición Indexada: FOR
2. Estructura de Repetición Condicional: WHILE

A estas estructuras de repetición, están asociadas dos tipos de sentencias para la ruptura de ciclos de repetición: BREAK y CONTINUE.

A. Estructura repetitiva FOR

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), La estructura repetitiva o de bucle FOR realiza n repeticiones o iteraciones. La estructura repetitiva FOR se representa en el diagrama de flujo de la **Figura 5**, mostrando en el lado derecho la sintaxis de esta estructura en MATLAB.

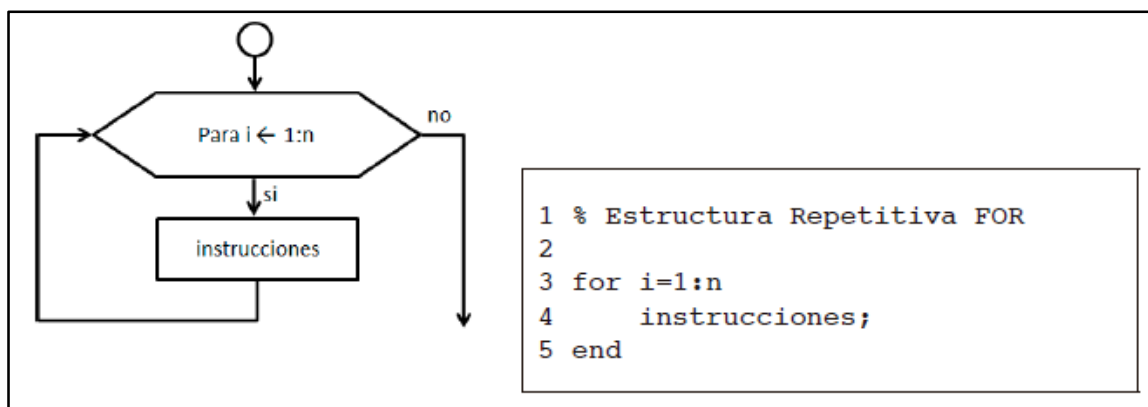


Figura 5: Estructura repetitiva FOR.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

B. Estructura repetitiva WHILE

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), Con la estructura repetitiva WHILE se implementa la repetición del mismo conjunto de instrucciones, al mismo tiempo que se verifique que la condición es verdadera. Si en el resultado sale falso, hay una detención de la ejecución del ciclo WHILE. La estructura repetitiva WHILE se representa en el diagrama de flujo y se puede observar en la **Figura 6**, mostrando en el lado derecho la sintaxis de esta estructura en MATLAB.

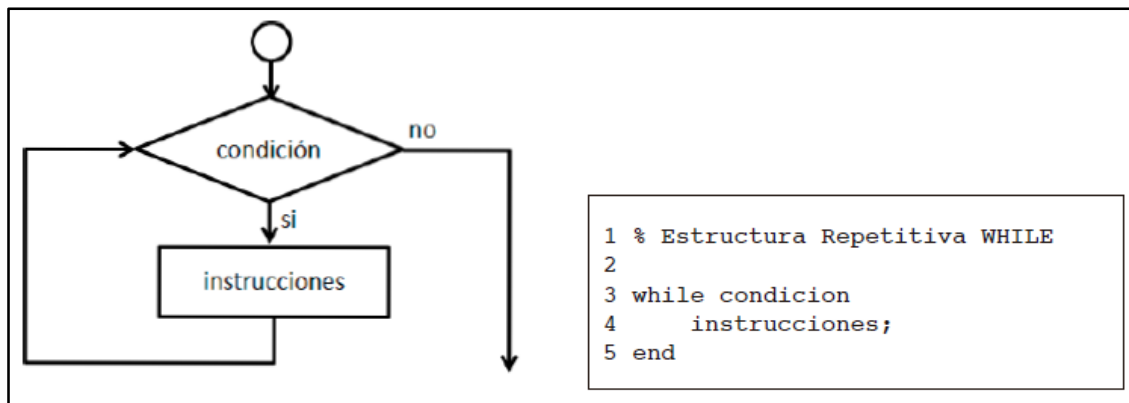


Figura 6: Estructura repetitiva WHILE.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

GRAFICOS BIDIMENSIONALES 2D

Según (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015), menciona que las gráficas en 2D de MATLAB están fundamentalmente orientadas a la representación gráfica de vectores y matrices. Para hacer gráficas de funciones de la forma $y = f(x)$, de una variable con MATLAB, primero se debe crear un vector de valores de la variable para después dibujar la función. (p.73).

COMANDO PLOT (x,y)

Este comando grafica los pares de puntos (x, y) unidos por segmentos, x e y representan las componentes de los vectores x e y respectivamente. El comando plot ofrece múltiples posibilidades de color y forma si se escribe de la siguiente manera `plot (x,y,'b--')`.

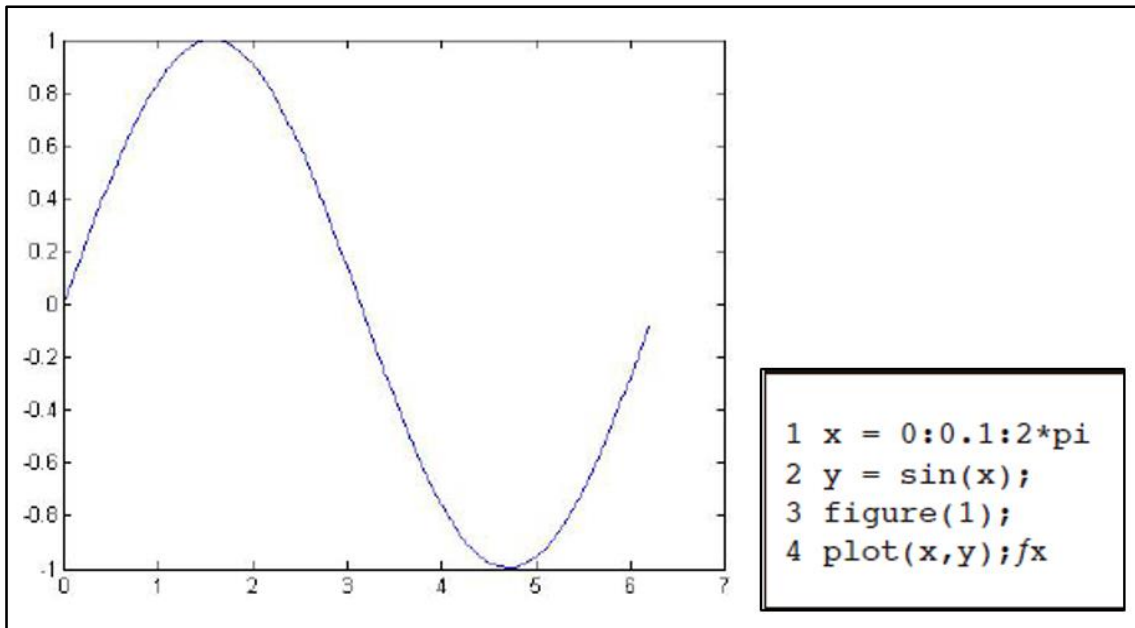


Figura 7: Comando plot (x,y).

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

COMANDO GRID ON

Si se desea que aparezca una cuadrícula sobre la gráfica de la función tal como aparece en la **Figura 8**.

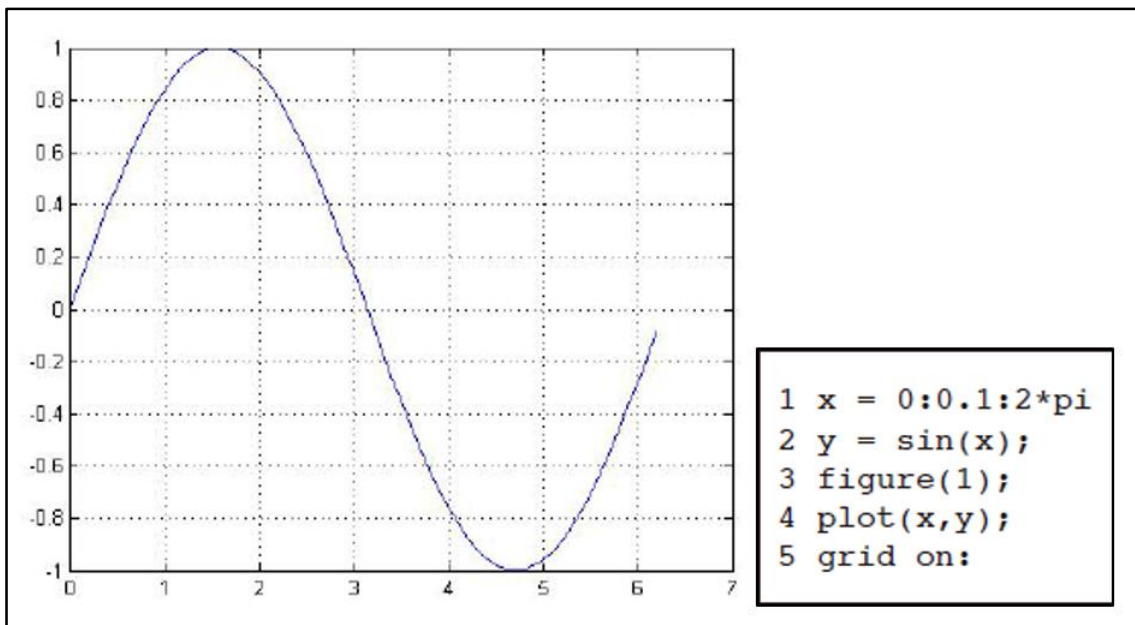


Figura 8: Comando grid on.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

COMANDOS DE ETIQUETA

Existen diversas posibilidades para el etiquetado de las gráficas por lo cual se observa en la **Figura 9**.

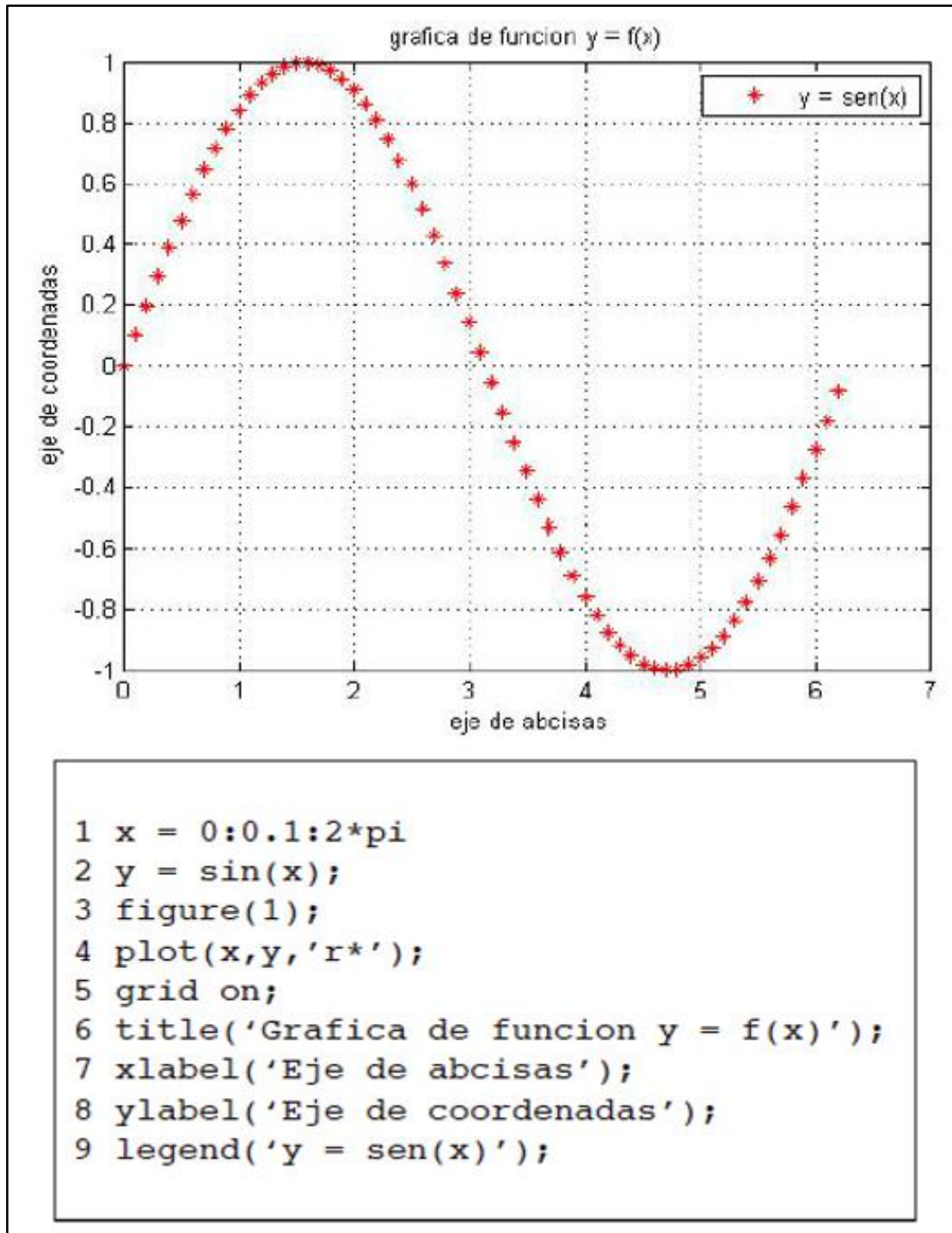


Figura 9: Comandos de etiqueta.

Fuente: (TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo, 2015).

DIGRAMAS MOMENTO CURVATURA

Según (MORA, y otros, 2015), la ductilidad de una sección nos lleva a conocer mediante el diagrama - momento curvatura, por otro lado su interfaz de realizar un rango no lineal antes del colapso, es muy importante de saber el comportamiento del Módulo de elasticidad = E y la Inercia = I del sistema, donde: curvatura (ϕ) es igual a momento (M) dividido entre la elasticidad por Inercia, haciendo que la falla sea causado por flexión y no por otro tipo de esfuerzo como por cortante, los códigos como el ACI 318, ayuda a ver, fallo por flexión. (p. 02), también menciona (MEDINA, 2015) así también es muy importante el diagrama momento – curvatura, esto nos ayuda a analizar la ductilidad.

Otro de los conceptos de ductilidad lo menciona (RODRIGUEZ MORALES, 2015), cabe conceptualizar que la ductilidad se define como la propiedad de los materiales en donde tiende a experimentar grandes deformaciones sin llegar a fallar mientras esta es aplicada de cargas mantenida en el tiempo. Una sección estructural dúctil se diseña en particular para admitir deformaciones inelásticas mientras esta soporta muchos siglos de carga en lo cual se encuentra en una acción sísmica. (p. 08)

Según (CHAVEZ TRIGOSO, y otros, 2013), cabe destacar que dicho diagrama momento - curvatura es el instrumento con más participación en los estudios de no linealidad física del material y los estudios de vulnerabilidad estructural. Detallan el comportamiento de los elementos mientras son sometidos a giros en su sección. Son análogos a los diagramas de fuerza desplazamiento. (p.102), lo cual la relación más usada se puede enumerar a continuación:

- La capacidad nominal a la flexión de la sección
- Capacidad máxima de la sección
- Curvatura al inicio de la fluencia
- Curvatura ultima o curvatura de fallo y ductilidad de la sección
- Curvaturas que corresponden a los límites de desempeño de los materiales

Según (FAJARDO GALLIANI, 2012), la comprensión del comportamiento mecánico de los elementos hace mayor importancia en los lugares donde el riesgo a movimientos sísmicos es mayor. En la actualidad, muchas estructuras son diseñadas permitiendo que se deformen en el rango plástico para disipar mayor energía sísmica. Estas deformaciones se miden con rotaciones o desplazamientos

por flexión de los elementos a flexión en la fluencia y el momento ultimo hace depender principalmente de la relación Momento – Curvatura. (p. 05).

Según (FAJARDO GALLIANI, 2012), el elemento de concreto reforzado se muestra inicialmente con una línea recta, lo cual esto es sometida a flexión. Del punto de giro θ hasta el punto eje neutro de la sección tenemos una distancia R , llamado radio de curvatura. La variación que sufre una variable, cuando el miembro tiende a agrietarse, esto hace cuando toma una cierta tensión, tale son: “el radio de curvatura R , la profundidad del eje neutro $k d$, la deformación unitaria del concreto en la fibra más lejana a compresión (ϵ_c) y la deformación unitaria del acero a tensión (ϵ_s)”. Que sufren una variación.

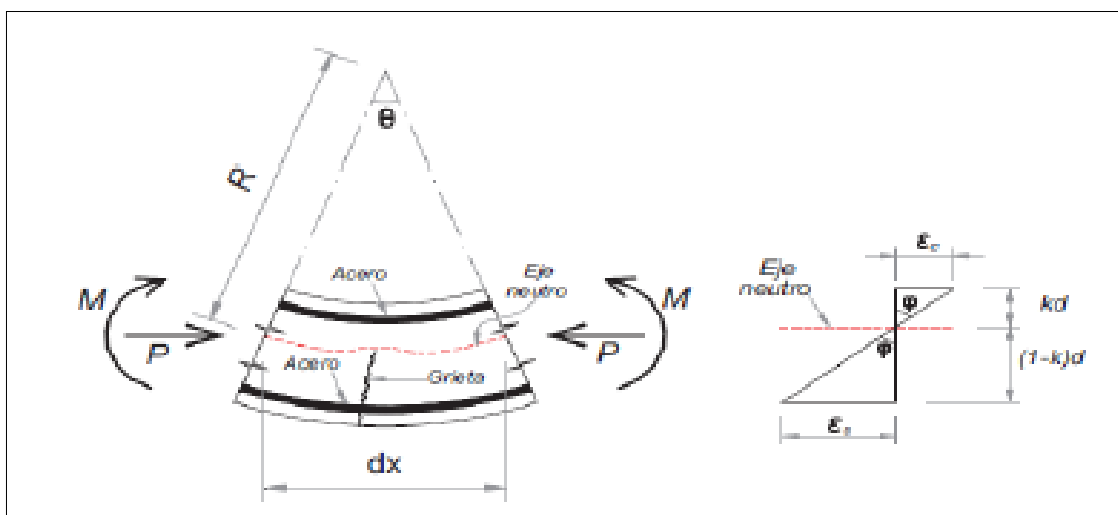


Figura 10: Izquierda: Deformación de una porción diferencial del elemento.

Derecha: Deformaciones unitarias.

Fuente: Fajardo 2012

Si consideramos un diferencial de longitud dx y analizamos el diagrama de esfuerzo deformación, la $1/R$ es la curvatura (la rotación por unidad de longitud) y se identifica con el símbolo φ .

Según (FAJARDO GALLIANI, 2012) menciona que “el diagrama momento – curvatura nos ayudan a deducir las secciones de concreto reforzado a flexión y carga axial, de acuerdo a suposiciones semejantes a las utilizadas para la determinación de la resistencia a flexión. Cabe suponer que las secciones planas antes de la flexión permanecen planas y después de la flexión se conocen las

curvas-deformación para el concreto y el acero.” (p. 23), así mismo sigue mencionando (FAJARDO GALLIANI, 2012) “Las curvaturas asociadas con un rango de momentos y cargas axiales pueden determinarse utilizando estas suposiciones y a partir de los requerimientos de compatibilidad de deformación y equilibrio de las fuerzas.” (p.28). De acuerdo a lo estipulado pasaremos a estudiar la forma general del diagrama – curvatura.

Forma General

Según (AGUIAR FALCONI, 2015), menciona que “el diagrama momento curvatura está definido por 4 puntos notables”. (p. 12), esto nos detalla cada comportamiento en el rango.

El punto A: en este caso el hormigón llega a su máxima capacidad de esfuerzo a tracción. La figura nos muestra que la capacidad a flexión en el punto A es muy baja, es motivo de no considerar o ignorar, pero es apenas el inicio del rango elástico (ver **Figura 11**).

El punto Y: este punto se define como el final del comportamiento elástico en donde el acero logra su punto de fluencia, (ver **Figura 11**)

El punto S: en este caso el acero a tracción está al comienzo del punto de endurecimiento.

El punto U: en este caso el concreto alcanza su máxima deformación útil,

Estos cuatro puntos notables nos ayudarán a ver el comportamiento mecánico del elemento a estudiar y son los más importantes.

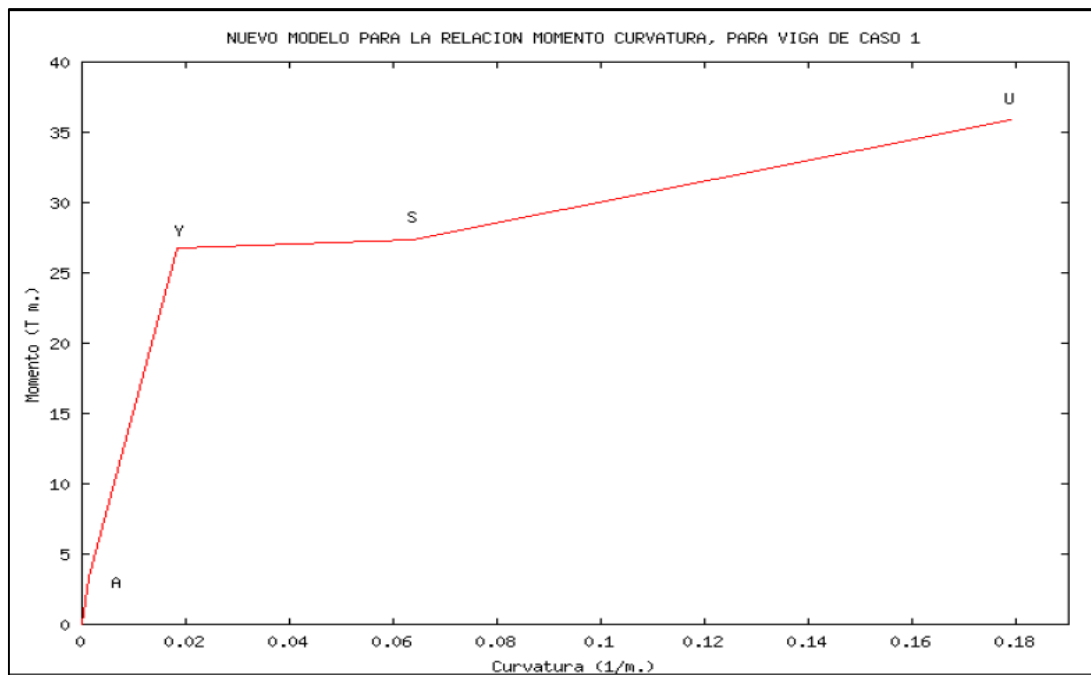


Figura 11: Forma general del diagrama momento curvatura.

Fuente: Aguiar 2015

Esquema de Calculo

Según (AGUIAR FALCONI, 2015), menciona que la forma de cálculo del diagrama momento curvatura está basada en los siguientes principios: “primero compatibilidad de deformaciones, segundo equilibrio de fuerzas y tercero equilibrio de momentos” (p.3). Indicaremos el proceso de resolución, visionado a la automatización del sistema de computación, luego se menciona los seis pasos:

1. Es muy importante tener un valor de deformación máxima del concreto, y por lo posterior se hallará un punto del diagrama momento – curvatura.

2. Infundir una ubicación del eje neutro c , y de acuerdo a esta ubicación trazar el perfil de deformación a lo largo de la profundidad de la sección. La lógica es que la deformación varía linealmente. Por medio de la compatibilidad de deformaciones se determina las deformaciones en cada fila del acero, ϵ_s , y en determinadas puntos del hormigón.

3. mediante los resultados de las deformaciones, se halla el esfuerzo del acero y el concreto con respecto a las curvas constitutivas de los materiales.

4. En función de los esfuerzos, se resuelven las fuerzas que actúan sobre la sección de acero y hormigón, multiplicando cada esfuerzo por su área respectiva.

5. La suma vectorial de las fuerzas representa la carga axial neta que gravita sobre la sección. Se observa que exista equilibrio de fuerzas, considerando la carga axial dada. Cabe destacar que siempre debe haber equilibrio sino, se repite el cálculo desde el paso 2 aumentando o disminuyendo la profundidad del eje neutro, según cual sea el caso. El cálculo es interactivo hasta tener equilibrio.

6. al final, se obtiene el momento flector interno y esto corresponde a la última posición del eje neutro, multiplicando cada fuerza por su distancia respectivo, medido desde el eje de referencia al centroide plástico de la sección.

La curvatura se halla similar a la razón de la deformación del hormigón ε_c , sobre la distancia al eje neutro.

De esta forma se obtiene un punto del diagrama momento - curvatura. Para encontrar distintos punto se propone un nuevo valor de deformación del concreto ε_c y se repite del paso 2 al paso 6.

DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

Algoritmo: Conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.

Capacidad de Carga: La capacidad de carga es el conjunto de condiciones que son propias de un elemento para soportar una carga o cargas determinadas, sin sufrir ningún daño o sin llegar al colapso.

Deformación: Se conoce como deformación, cuando un cuerpo o un elemento tiende a cambiar de forma o tamaño causada por la aplicación de una fuerza a dicho cuerpo o elemento, esta deformación puede ser visibles o pasar prácticamente inadvertidas. En sentido general la deformación de un elemento o un cuerpo, no se dará uniformemente a través de su volumen, lo cual quiere decir, que el cambio de su geometría en un fragmento de línea internamente del elemento puede modificarse a lo extenso de su longitud, deformándose así los fragmentos menos resistentes a la aplicación de dicha fuerza. El estiramiento o el encogimiento de un segmento de línea por unidad de longitud se le conoce como deformación unitaria.

Deformación elástica: Cuando un cuerpo o elemento es inducido a una fuerza se origina una deformación. Si al cesar la fuerza el cuerpo o elemento vuelve a su estado normal (inicio), se dice que ha experimentado una deformación elástica, en

este caso el elemento solo ha sufrido un permutado de dimensiones temporales, en otros términos, la deformación es cambiabile y no permanente.

Deformación plástica: Cuando un cuerpo o un elemento es inducido a una fuerza se origina una deformación, si al retirar la fuerza del cuerpo o elemento no regresa a su estado normal, se dice que ha sufrido una deformación plástica. El cuerpo o elemento experimenta un cambio termodinámico irreversible al adquirir mayor energía potencial elástico.

Deformación unitaria: es una relación existente que se encuentra entre deformación total y longitud inicial del miembro, este permite hallar la deformación del miembro sometido a compresión axil.

Esfuerzo: Los esfuerzos que se producen interiormente un elemento están situados dentro del material, que se distribuye en toda el área que la conforma. la fuerza interna que se producen se nombra esfuerzo axial que no es más que la fuerza por la unidad de área; que se designa con la letra griega sigma, el esfuerzo es un parámetro que permite contrastar la resistencia de dos materiales, debido que forma una base usual de referencia, cabe notar que, si el esfuerzo normal estira al elemento se le conoce como esfuerzo de tensión, y si la fuerza normal comprime al elemento se le conoce como fuerza de compresión.

Interfaz gráfica: También conocido como GUI (graphical user interface), es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz.

Momento flector: Se denomina momento flector a un momento de fuerza resultante de una distribución de tensiones sobre una sección transversal de un prisma mecánico flexionado o una placa que es perpendicular al eje longitudinal a lo largo del que se produce la flexión.

Programación: La programación es el proceso utilizado para idear y ordenar las acciones necesarias para realizar un proyecto, preparar ciertas máquinas o aparatos para que empiecen a funcionar en el momento y en la forma deseados o elaborar programas para su empleo en computadoras.

Resistencia: La resistencia es la capacidad que tiene un cuerpo o un elemento para soportar a los esfuerzos que se ven sometidos, todo esto sin romperse.

Rigidez: Es la capacidad que reúne un cuerpo o un elemento de poder aguantar los esfuerzos a los que se ven expuestos sin disipar su forma original (sin deformarse) protegiendo su geometría. Las estructuras rígidas se mencionan que son indeformables, por el otro lado las estructuras no rígidas pueden disipar su forma en respuesta un esfuerzo y se mencionan que son deformables.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de Investigación: El tipo de la investigación es APLICADA, porque según (VALDERRAMA MENDOZA, 2015), su objetivo radica en la creación de diversos instrumentos (Sistema de Computación), mediante la comparación y la validación con otras tecnologías. Este nivel de investigación se guía por interés eminentemente práctico, orientado a producir servicios de utilidad económica o social. (p.40)

Diseño de Investigación: La investigación es PRE EXPERIMENTAL de pre prueba y pos prueba con un solo grupo, porque según (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014), esta investigación no sería un experimento puro, sino que hay una medición de referencia inicial, por ejemplo, diagramas momento - curvatura contruidos con sistemas usados en los antecedentes, y luego se aplica el Sistema de Computación para una nueva construcción de diagramas que se comparan con la referencia inicial. (p.141).

Este diseño se diagramaría de la siguiente manera:

$$G \quad O_1 \quad X \quad O_2$$

A un grupo de secciones de elementos concreto armado (G) se le aplican un pre prueba con SAP 2000 (O1), después se le aplican el Sistema de Computación (X) y se aplica una pos prueba, se construye los diagramas momento curvatura (O2) para evaluar los cambios y la ductilidad.

3.2. Variables y operacionalización

Según (ARIAS ODON, 2012), en general, los científicos se ocupan de estudiar fenómenos o cambios que ocurren en la naturaleza, en la sociedad y en el conocimiento. De manera más específica, el científico indaga sobre ciertas propiedades que se modifican a las que se les denomina variables. (p.44)

VARIABLE INDEPENDIENTE: SISTEMA DE COMPUTACIÓN

Definición conceptual, Según (UZCÁTEGUI CI, 2020), el sistema de computación que a través de una plataforma digital colabora con el proceso facilitando la adquisición de conocimientos y la investigación.

VARIABLE DEPENDIENTE: DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA

Definición conceptual, según (ALMADA, y otros, 2015) El diagrama momento curvatura nos facilita los puntos de momento resistente interno y su curvatura, el diagrama momento curvatura nos ayuda analizar la influencia del acero en compresión antes y después del agrietamiento, así como después de la fluencia del acero hasta llegar a la falla del elemento. (p. 01)

la matriz de operacionalización se encuentra en el **anexo N°2**.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población: es un conjunto finito o infinito de elementos de estudio que expone los prototipos que se estudiarán definidos en el tiempo, espacio y objeto de estudio, lo cual también es llamado universo, así mismo, esta presentada por el problema y los objetivos de la investigación. Por ello se considera a fin de la investigación una población de secciones de elementos de concreto armado, modelados matemáticamente con características constructivas de la Región (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014), p.174.

Muestra: Una muestra es una parte de la población que tenemos que estudiar para llevar sus conclusiones desde la muestra hacia la población, a este procedimiento se le conoce como inferencia y se hará efectivo únicamente si hemos seleccionado una muestra representativa, como: secciones de columnas, vigas y muros definidos por el autor. El objetivo del investigador es estudiar a la población (SUPO, 2014), p.1.

Muestreo: La toma de la muestra será no probabilística, a criterio particular o a criterio discrecional, es decir a criterio del investigador. Debido a que el investigador conoce estudios similares, idénticos y sabe con precisión que la muestra fue útil para el estudio. También porque es conveniente para estos tiempos de aislamiento social, es rápida y económica (SUPO, 2014), p.56.

Unidad de análisis: la unidad de análisis es la parte central de la investigación, puesto que define de “que o quienes” son los que se van abarcar en la investigación,

esto va a depender también del tipo de investigación que este sea, así como sus alcances (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014)(p.172). ante ello, se puede definir que la unidad de análisis de la presente investigación incluirá las variables que se han ido trabajando a lo largo de la tesis. Dicho esto, la Unidad de Análisis es: diagrama momento - curvatura en secciones de concreto armado.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: La técnica de recolección de datos es aquella que nos permite visualizar y comprender mediante el sentido de la vista un hecho o un conjunto, situaciones, fenómeno o contexto de la naturaleza o comunidad, para poder obtener información evidente, por ello se utilizara la técnica de la observación donde se mostrara fichas técnicas, cuadros, gráficos de los cálculos matemáticos desarrollados en el laboratorio de computación (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014), p.217.

Instrumentos de recolección de datos: El instrumento de recolección de datos es un recurso del cual se puede valer el investigador, a fin de recopilar información. Así mismo se debe previamente contarse con información de datos observables que estén relacionados las variables consideradas por el investigador, es así que se obtendrán fichas de recolección de datos validada por juicio de expertos, **Tabla1**. (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014)(p.198).

Tabla 1: Lista de fichas de recolección

FICHA DE RECOLECCION	SECCION	ANEXO
V1 y V2	VIGAS	3 y 4
C1,C2 y C3	COLUMNAS	5, 6 y 7
M1 y M2	MUROS	8 y 9

Fuente: elaboración propia

La validez es el grado en que un instrumento cuantifica sus variables las cuales son medibles. Para el cálculo de los diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado serán necesarios el uso de fichas de recolección, que se validan por juicios de expertos mostrados en la **Tabla 2** y los siguientes instrumentos normativos como (R.N.E, 2020), NTP E060, ACI 2008, ASCE 41 mostrados en la **Tabla 3**, los cuales ya están validados por especialistas (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014), p.200.

Tabla 2: Lista de expertos

EXPERTOS	CIP	PRPFESION	ANEXO
Paolo Renzo De la Calle Vega	154396	Ingeniero Civil	10
Kayson A. Bejarano Dolorier	96455	Ingeniero Civil	11
Geoffrey B. Contreras Mateo	116363	Ingeniero Civil	12

Fuente: elaboración propia

Tabla 3: Resumen de normas.

Validez	
Indicadores	Norma
Rigidez de fluencia	NTP E060, ACI 2008, ASCE 41
Rigidez de post fluencia	NTP E060, ACI 2008, ASCE 41
Porcentaje de rigidez efectiva	NTP E060, ACI 2008, ASCE 41
Ductilidad local por curvatura	NTP E060, ACI 2008, ASCE 41

Fuente: Elaboración propia.

La confiabilidad se identifica cuando los resultados son estables, predecibles y objetivos. Algo que es confiable, funciona en el futuro como lo ha hecho en el pasado, se puede medir la misma cosa más de una vez y producirá los mismos resultados. Por ello que el sistema de computación se apoya en programas como: **Octave**, ver interfaz en **anexo N° 22** y Excel, ver la ficha en **anexo N°3** al **anexo N° 9**, por lo tanto representan instrumentos confiables para el análisis sísmico de estructuras (HERNANDEZ SAMPIERI, y otros, 2014), p.200.

Tabla 4: Listado de Código

PROGRAMA	DESCRIPCION	ANEXO
mocurva1	Programa principal para el cálculo de diagramas momento curvatura, rigidez y ductilidad local de secciones rectangulares, en L y en I de concreto armado para vigas, columnas y muros de corte.	13
compresion	El programa "compresion" es complemento del programa "mcurvatura". Calcula la compresión del concreto y su aporte a la flexión de acuerdo a la deformación que sufre el concreto en la fibra extrema superior de la sección.	14
plastificacion	El programa "plastificación" es complemento del programa "mcurvatura". Calcula el esfuerzo del acero en la zona de endurecimiento según el modelo elegido.	15
bilinial	El programa "bilineal" es complemento del programa "mcurvatura". Reduce la curva momento curvatura a una curva bilineal, osea a dos rectas. % la primera recta representa el comportamiento elastico de la sección y la segunda representa el comportamiento de post fluencia.	16
trilinal	El Modelo Trilineal el acero, nos muestra la capacidad que posee el acero de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo máximo.	17
parkypaulay	El Modelo de Park y Paulay (1975), nos muestra la capacidad que posee la estructura de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo máximo.	18
kentypark1	El Modelo de Park y Paulay (1975), nos muestra la capacidad que posee la estructura de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo máximo.	19
kentypark2	El programa "kentypark2" construye la curva constitutiva del concreto confinado. Esta curva es la relación esfuerzo - deformación que nos muestra la capacidad del concreto para admitir deformaciones. Contempla el incremento de ductilidad por el confinamiento.	20

park	El programa "park" construye la curva constitutiva del concreto. Utiliza el modelo propuesto por Park et al(1982) que es una versión mejorada del modelo Kent y Park (1971). Contempla el incremento de resistencia y ductilidad por el confinamiento.	21
------	--	----

Fuente: elaboración propia

3.5. Procedimientos

La presente investigación es Aplicada no requiere de técnicas estadísticas para el procesamiento de la información ya que la validación del instrumento Programa de Computación se dará en la comparación con diagramas de Pre prueba con los antecedentes constituido por cada investigador. El propósito de la investigación es mejorar el instrumento de medición Programa de Computación y no conocer la variable de estudio; además que la muestra secciones de vigas y columnas de concreto armado es de tipo no probabilística.

Tabla 5: *Resumen de actividades.*

Etapas	Actividades
Etapas primera	Describir las metodologías para el cálculo de los modelos constitutivos del concreto y el acero.
Etapas segunda	Automatización del cálculo de los modelos constitutivos del concreto y el acero.
Etapas Tercera	Construcción de los modelos constitutivos del concreto y el acero.
Etapas Cuarta	Descripción de las metodologías para el cálculo de los diagramas momento curvatura.
Etapas Quinta	Automatización del cálculo de los diagramas momento curvatura.
Etapas Sexta	Elaboración de manual de usuario.

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Método de análisis de datos

Para la evaluación e interpretación de los datos que obtendremos según el procedimiento diseñado, estas serán realizadas bajo las normas del NTP E060, ACI

2008, ASCE 41. Además, se utilizarán herramientas informáticas para el procesamiento de la investigación como el programa OCTAVE y Microsoft Excel. Así también, con el apoyo del ingeniero asesor para verificación de los datos obtenidos en base a los procedimientos de cálculo ya mencionados.

3.7 Aspectos éticos

Según (DE LEON MORGA, 2015) “la ética hace que no hay disperso entre las ideas y la vida, las actitudes negativas del ser humano distancia lo moral, parte de la vida debe ser la ética, p.17”.

El investigador afirma y se compromete con la veracidad de sus resultados, a trabajar con dedicación, entrega y tenacidad para el correcto desarrollo de la investigación, preservar la exactitud en cada una de las etapas de cálculo. Para el desarrollo de la presente investigación se usó referentemente el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E, 2020), Normas Técnicas Peruanas (NTP) y American Society of Civil Engineers (ASCE), es imprescindible contar con los recursos necesarios para la investigación y por ende los resultados obtenidos no fueron objetos de manipulación.

IV. RESULTADOS

4.1 DESARROLLO DEL PROCEDIMIENTO

El procedimiento para la obtención de los resultados esta subdividido en 6 etapas. En una primera etapa Describir las metodologías para el cálculo de los modelos constitutivos del concreto y el acero. En la segunda etapa se automatiza el cálculo de los modelos constitutivos del concreto y el acero. En la tercera etapa se construyen los modelos constitutivos del concreto y del acero. En la cuarta etapa de describe la metodología de cálculo de los diagramas momento curvatura. En la quinta etapa se automatizan los cálculos de los diagramas momento curvatura. En la sexta etapa, elaboración de manual de usuario.

4.1.1 Etapa Primera, Describir las metodologías para el cálculo de los modelos constitutivos del concreto y el acero

Modelo Trilineal

Según (ÁLVAREZ, 2010), El Modelo Trilineal del acero, nos muestra la capacidad que posee el acero de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo máximo. Es uno de los modelos más sencillos para conocer el comportamiento a tracción del acero y su programación es de relativa facilidad. Contempla el incremento de esfuerzos en la zona de post fluencia mediante una variación lineal (AGUIAR FALCONI, 2015) p.3.

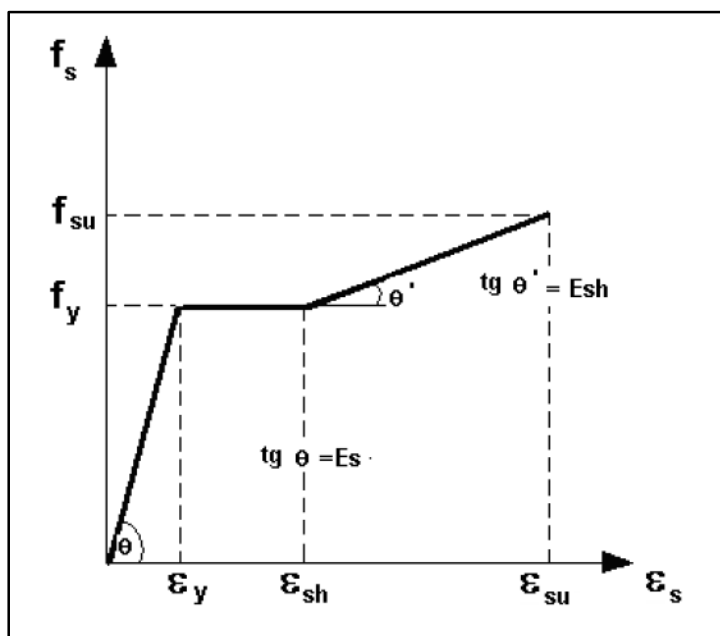


Figura 12: Modelo Trilineal para el acero.

Fuente: (AGUIAR FALCONI, 2015)

Las ecuaciones que representan al modelo Trilineal son:

$$\begin{aligned}
 f_s &= E_s \varepsilon_s & \varepsilon_s &\leq \varepsilon_y \\
 f_s &= f_y & \varepsilon_y &< \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \\
 f_s &= f_y + E_{sh}(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) & \varepsilon_s &> \varepsilon_{sh} \\
 E_s &= \frac{f_y}{\varepsilon_y} \\
 E_{sh} &= \frac{f_{su} - f_y}{\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh}} & EC.1
 \end{aligned}$$

Donde:

E_s es el módulo de elasticidad del acero.

E_{sh} es la pendiente de la zona de endurecimiento.

f_y es el límite de fluencia del acero.

f_{su} es el esfuerzo de rotura del acero.

ε_y es la deformación de fluencia del acero.

ε_{sh} es la deformación al inicio de la zona de endurecimiento.

ε_{su} es la deformación de rotura del acero.

Modelo Park y Paulay

Según, (MARINILLI, 2009), el modelo Park y Paulay propuesto en 1975 por los autores con el mismo nombre, presenta un comportamiento elasto plástico perfecto hasta alcanzar una deformación de endurecimiento, usualmente en el rango de 4 a 6 veces la deformación de fluencia. La zona de endurecimiento queda definida por una curva parabólica hasta alcanzar la deformación ultima (CHANG TUKUSHIMA, 2015), p11.

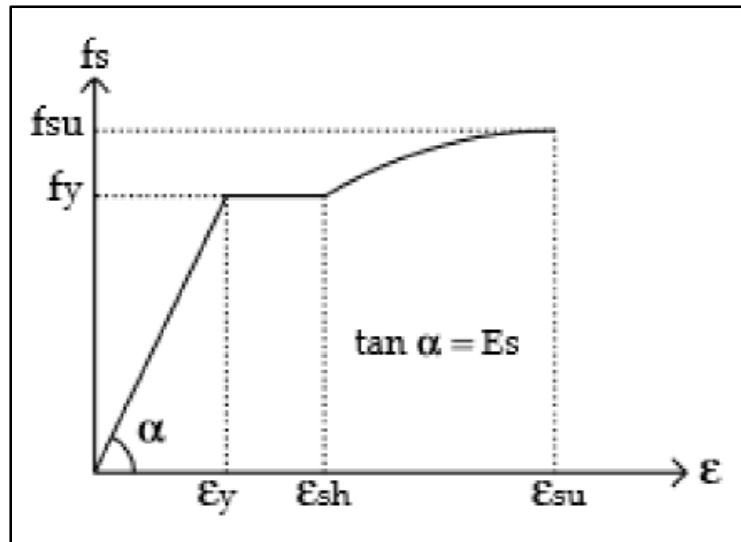


Figura 13: Modelo de Park y Paulay para el acero.

Fuente: (Freire Navas, 2017)

Las ecuaciones que representan al modelo de Park y Paulay son:

$$\begin{aligned}
 f_s &= E_s \varepsilon_s & \varepsilon_s &\leq \varepsilon_y \\
 f_s &= f_y & \varepsilon_y &< \varepsilon_s \leq \varepsilon_{sh} \\
 f_s &= f_y \left[\frac{m (\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2}{60 (\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) + 2} + \frac{(\varepsilon_s - \varepsilon_{sh}) (60 - m)}{2 (30 r + 1)^2} \right] & \varepsilon_s &> \varepsilon_{sh} \\
 r &= \varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh} \\
 m &= \frac{\left(\frac{f_{su}}{f_y} \right) (30 r + 1)^2 - 60 r - 1}{15 r^2}
 \end{aligned}$$

Ec. 2

Estos parámetros ya fueron mencionados en el apartado anterior.

Rectángulo de Whitney

Según (MATTOCK, y otros, 1961), recomienda este modelo y es conocido también como modelo rectangular del ACI. Se utiliza bastante para el diseño por ser un modelo conservador. La norma peruana E060 recomienda el modelo de (WHITNEY, 1942), para el diseño en concreto armado (AGUIAR FALCONI, 2015).

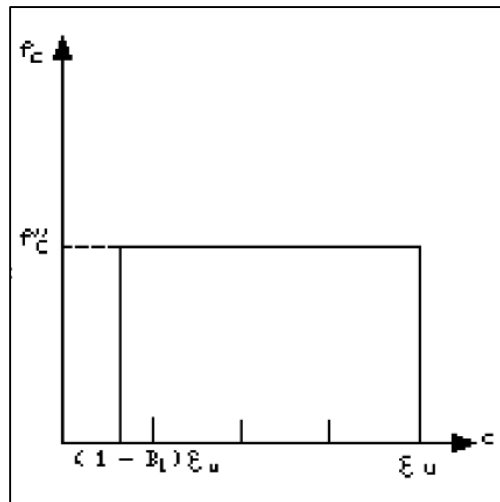


Figura 14: Bloque rectangular de Whitney para el concreto no confinado.

Fuente: (AGUIAR FALCONI, 2015)

Modelo de Kent y Park

El modelo propuesto por (KENT, y otros, 1971), ósea, Kent y Park (1971). Considera que el confinamiento no ayuda a la resistencia, suponiendo que es la misma a la del concreto simple y solo es aplicable a secciones cuadradas o rectangulares. (ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015), p.48.

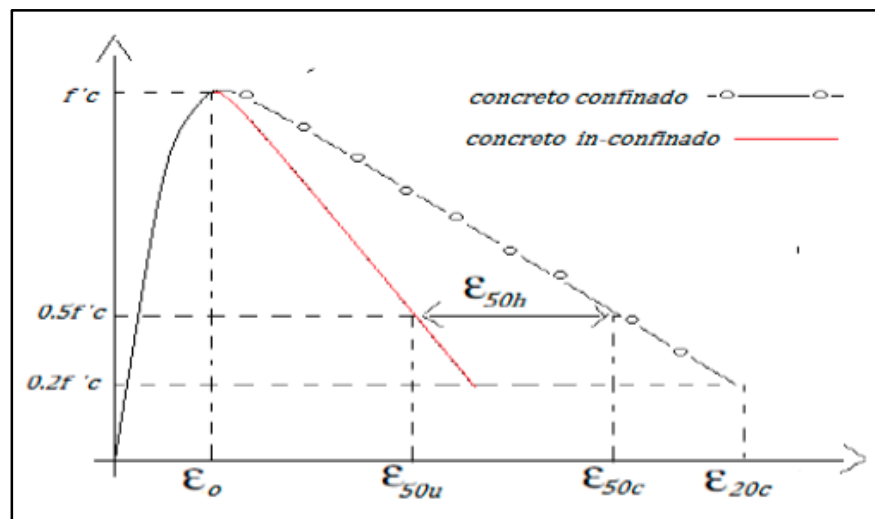


Figura 15: Modelo de que Kent y Park para el concreto confinado y sin confinar.

Fuente: (ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015)

Las ecuaciones que representan al modelo de kent y Park son:

$$f_c = f'_c \left[\frac{2 \varepsilon_c}{\varepsilon_o} - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_o} \right)^2 \right] \quad \varepsilon_c \leq \varepsilon_o$$

$$f_c = f'_c [1 - Z(\varepsilon_c - \varepsilon_o)] \quad \varepsilon_o < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{20c}$$

$$f_c = 0.20 f'_c \quad \varepsilon_c > \varepsilon_{20c}$$

$$Z = \frac{0,5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} - \varepsilon_o} \quad (\text{Concreto CONFINADO})$$

$$Z = \frac{0,5}{\varepsilon_{50u} - \varepsilon_o} \quad (\text{Concreto NO CONFINADO})$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + \varepsilon_o f'_c}{f'_c - 1000}$$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{3}{4} \rho_v \sqrt{\frac{b''}{s}}$$

$$\varepsilon_{20c} = \varepsilon_o + \frac{0,8}{Z}$$

$$\rho_v = \frac{2 (b' + h') A_s}{b'' h'' s}$$

$$b'' = b - 2 \text{ rec}$$

$$b' = b - 2 \text{ rec} - \phi_s$$

$$h'' = h - 2 \text{ rec}$$

$$h' = h - 2 \text{ rec} - \phi_s \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

f_c es el esfuerzo del concreto no confinado.

f'_c es la resistencia a compresión máxima del concreto sin confinar (lb/pulg²).

ε_c es la deformación del concreto.

ε_o es la deformación del concreto asociado a f'_c ($\varepsilon_o = 0.002$).

ε_{20c} es la deformación del concreto asociado a $0.2 f'_c$.

Z es la pendiente de la recta descendente del concreto.

ρ_v es la relación volumétrica entre el refuerzo transversal y el concreto confinado.

s es el espaciamiento del refuerzo transversal.

b'' es el ancho de la sección transversal del elemento, pero del concreto confinado.

b' es la distancia entre ejes del estribo en la dirección del ancho b .

h'' es la distancia entre bordes externos del estribo en la dirección del peralte h.

h' es la distancia entre ejes del estribo en la dirección del peralte h.

Modelo de Park.

El modelo de (PARK, y otros, 1982) es una versión mejorada del Modelo de Kent y Park (1971), (KENT, y otros, 1971), y contempla el incremento de resistencia y ductilidad por el confinamiento con ayuda de un factor “k” (AGUIAR FALCONI, 2015), p.91.

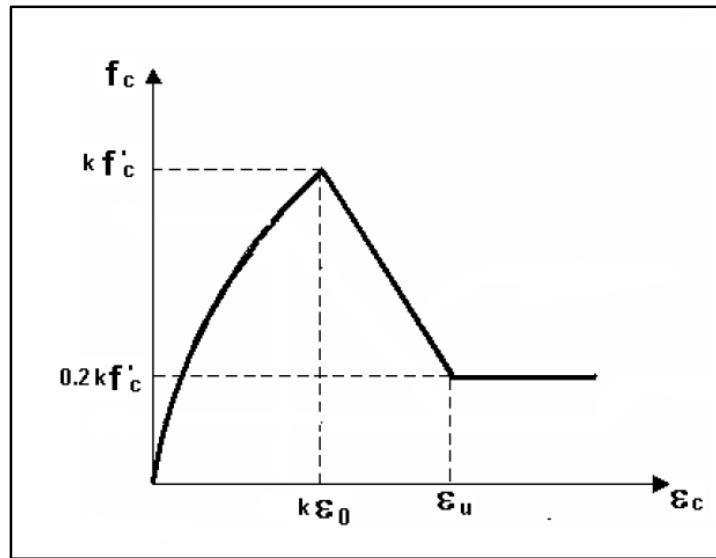


Figura 16: Modelo de Park y Priestley para el concreto armado.

Fuente: (AGUIAR FALCONI, 2015)

El modelo de (PARK, y otros, 1982) consta de las siguientes ecuaciones:

$$f_c = k f'_c \left[\frac{2 \varepsilon_c}{k \varepsilon_0} - \left(\frac{\varepsilon_c}{k \varepsilon_0} \right)^2 \right] \quad \varepsilon_c \leq k \varepsilon_0$$

$$f_c = k f'_c [1 - Z(\varepsilon_c - k \varepsilon_0)] \quad k \varepsilon_0 \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_u$$

$$Z = \frac{0,5}{\varepsilon_{50u} + \varepsilon_{50h} + k \varepsilon_0}$$

$$\varepsilon_{50u} = \frac{3 + 0,29 f'_c}{145 f'_c - 1000}$$

$$\varepsilon_{50h} = \frac{3}{4} \rho_v \sqrt{\frac{b''}{s}}$$

$$\varepsilon_u = k \varepsilon_o + \frac{0,8}{Z}$$

$$k = 1 + \frac{\rho_v f_{yv}}{f'_c}$$

$$\rho_v = \frac{2 (b' + h') A_s}{b'' h'' s} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

k es un factor que toma en cuenta el confinamiento del concreto, por medio de este factor se incrementa la resistencia y la ductilidad del concreto.

f_{yv} es la fluencia del refuerzo transversal.

ε_u es la deformación última del concreto.

Los demás parámetros ya fueron mencionados en el apartado anterior.

4.1.2. Etapa segunda, automatización del cálculo de los modelos constitutivos del concreto y el acero.

Se automatizo el cálculo de los modelos constitutivos de los materiales utilizando el lenguaje de programación de Matlab.

Programa Trilineal

```
function [R] = trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
%-----
% El Modelo Trilineal el acero, nos muestra la capacidad que pose
% el acero de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo
% máximo.
%
% Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
%
% UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%
% 25/02/2021
%-----
% [R] = trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
% Es = Modulo de elasticidad = fy/ey (Kg/cm2)
% fy = Resistencia de fluencia del acero (Kg/cm2)
% fsu = Resistencia ultima del acero = 1.5fy (Kg/cm2)
% ey = Deformación unitaria de fluencia = 0.002
```

```

% esh = Deformación de endurecimiento = 0.008
% esu = Deformación de fractura = 0.11
% SALIDA DE RESULTADOS
% R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
%-----
% 1. CÁLCULO DE LA CURVA CONSTITUTIVA
    e=[0,ey,esh,esu]';
    f=[0,fy,fy,fsu]';
    R=[e,f]';
% 2. DIAGRAMACIÓN
    hold on % Sobreescribe
    plot(e,f,'-o')
    title('MODELO TRILINEAL PARA EL ACERO')
    xlabel('e')
    ylabel('f (kg/cm2)')
    grid on
endfunction

```

Programa Park y Paulay

```

function [R] = parkypaulay(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
%-----
% El Modelo de Park y Paulay (1975), nos muestra la capacidad que posee
% la estructura de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo
% máximo.
%           Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
%           UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%           25/02/2021
%-----
% [R] = parkypaulay(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
% E = Modulo de elasticidad = 2.1E6 Kg/cm2
% fy = Resistencia de fluencia del acero = 4200 Kg/cm2
% fu = Resistencia ultima del acero = 6300 Kg/cm2

```

```

% ey = Deformación unitaria de fluencia = 0.002
% eh = Deformación de endurecimiento = 0.008
% eu = Deformación de fractura = 0.11
% SALIDA DE RESULTADOS
% R = Modelo park y paulay del acero
%-----
% 1. CÁLCULO DE LA CURVA CONSTITUTIVA
% Zona: e < ey
e1 = 0:0.0005:ey;
fs1 = Es*e1;
% Zona: ey < e < esh
e2 = ey+0.001:0.001:esh;
n = size(e2, 2);
fs2 = fy*ones(1,n);
% Zona: esh < e < esu
r = esu-esh;
m = ((fsu/fy)*(30*r+1)^2-60*r-1)/(15*r^2);
e3 = esh+0.005:0.005:esu;
A = m*(e3-esh)+2;
B = 60*(e3-esh)+2;
C = (e3-esh)*(60-m);
D = 2*(30*r+1)^2;
fs3 = fy*(A./B+C./D);
% 2. CONCATENANDO SALIDA
e = [e1 e2 e3];
fs = [fs1 fs2 fs3];
R = [e',fs'];
% 3. DIAGRAMACIÓN
hold on % Sobreescribe
plot(e,fs,'-o')
title('MODELO PARK Y PAULAY PARA EL ACERO')
xlabel('e')
ylabel('fs (kg/cm2)')

```

```

        grid on
    endfunction

Programa kent y Park 1

function [R] = kentypark1(fc)
%-----
% El programa "kentypark1" construye la curva constitutiva del concreto no
% confinado. Esta curva es la relación esfuerzo - deformación que nos muestra
% la capacidad del concreto para admitir deformaciones.
%
%          Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
%          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%          25/02/2021
%-----
% [R] = kentypark1(fc,b,h,r,fi,As,s)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
%  fc = Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2)
% RESULTADOS
%  R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
%-----
% 1. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES
    fc=fc*14.2233 % lb/plg2
% 2. CÁLCULO DE LA CURVA
%  Zona 1:  $e_c \leq e_o$ 
    eo=0.002;
    ec1=linspace(0,eo,10) % División de la abscisa
    fc1=fc*(2*ec1/eo-(ec1/eo).^2) % lb/plg2
%  Zona 2:  $e_o < e_c \leq e_u$ 
    e50u=(3+eo*fc)/(fc-1000)
    Z=0.5/(e50u-eo)
    eu=eo+0.8/Z
    ec2=linspace(eo,eu,2) % División de la abscisa
    fc2=fc*(1-Z*(ec2-eo)) % lb/plg2

```

```

% 3. CONCATENACIÓN
    ec=[ec1 ec2];
    fc12=[fc1/14.2233 fc2/14.2233];
    R=[ec',fc12'];
% 4. DIAGRAMACIÓN
    hold on % Sobreescribe
    plot(ec,fc12,'-o')
    title('MODELO KENT Y PARK PARA EL CONCRETO NO CONFINADO')
    xlabel('ec')
    ylabel('fc (kg/cm2)')
    grid on
endfunction

```

Programa kent y Park 2

```

function [R] = kentypark2(fc,b,h,r,fi,As,s)
%-----
% El programa "kentypark2" construye la curva constitutiva del concreto
% confinado. Esta curva es la relación esfuerzo - deformación que nos muestra
% la capacidad del concreto para admitir deformaciones. Contempla el incremento
% de ductilidad por el confinamiento.
%
%          Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
%          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%          25/02/2021
%-----
% [R] = kentypark2(fc,b,h,r,fi,As,s)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
%  fc = Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2)
%  b = Ancho de la sección (cm)
%  h = Peralte de la sección (cm)
%  r = Recubrimiento de la sección (cm)
%  fi = Diametro del estribo (cm)
%  As = Area del estribo (cm2)

```

```

% s = Espaciamiento del refuerzo transversal (cm)
% RESULTADOS
% R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
%-----
% 1. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES
    fc=fc*14.2233; % lb/plg2
% 2. CÁLCULO DE LA CURVA
% Zona 1:  $ec \leq eo$ 
    eo=0.002;
    ec1=linspace(0,eo,10) % División de la abscisa
    fc1=fc*(2*ec1/eo-(ec1/eo).^2) % lb/plg2
% Zona 2:  $eo < ec \leq e20c$ 
    bdoble=b-2*r
    bprima=bdoble-fi
    hdoble=h-2*r
    hprima=hdoble-fi
    rho=2*(bprima+hprima)*As/(bdoble*hdoble*s)
    e50u=(3+eo*fc)/(fc-1000)
    e50h=3*rho*sqrt(bdoble/s)/4
    Z=0.5/(e50u+e50h-eo)
    e20c=eo+0.8/Z
    ec2=linspace(eo,e20c,2) % División de la abscisa
    fc2=fc*(1-Z*(ec2-eo)) % lb/plg2
% 3. CONCATENACIÓN
    ec=[ec1 ec2];
    fc12=[fc1/14.2233 fc2/14.2233];
    R=[ec',fc12'];
% 4. DIAGRAMACIÓN
    hold on % Sobreescribe
    plot(ec,fc12,'-o')
    title('MODELO KENT Y PARK PARA EL CONCRETO CONFINADO')
    xlabel('ec')
    ylabel('fc (kg/cm2)')

```

```

        grid on
    endfunction

```

Programa Park

```

function [R] = park(fc,b,h,r,fi,As,s,fyv)
%-----
% El programa "park" construye la curva constitutiva del concreto. Utiliza
% el modelo propuesto por Park et al (1982) que es una versión mejorada del
% modelo Kent y Park (1971). Contempla el incremento de resistencia y
% ductilidad por el confinamiento.
%
%          Por: Saul Elvis Hinostrero LLanto.
%          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%          25/02/2021
%-----
% [R] = park(fc,b,h,r,fi,As,s,fyv)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
%  fc = Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2)
%  b  = Ancho de la sección (cm)
%  h  = Peralte de la sección (cm)
%  r  = Recubrimiento de la sección (cm)
%  fi = Diametro del estribo (cm)
%  As = Area del estribo (cm2)
%  s  = Espaciamiento del refuerzo transversal (cm)
%  fyv = Esfuerzo de fluencia del estribo (Kg/cm2)
% RESULTADOS
%  R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
%-----
% 1. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES A lb/plg2
    fc=fc*14.2233
    fyv=fyv*14.2233
% 2. CÁLCULO DE LA CURVA CONSTITUTIVA
%  Zona 1:  $\epsilon_c \leq \epsilon_{co}$ 

```

```

% Deformación
eo=0.002;
ec1=linspace(0,eo,10) % División de la abscisa

% Esfuerzo
bdoble=b-2*r
bprima=bdoble-fi
hdoble=h-2*r
hprima=hdoble-fi
rho=2*(bprima+hprima)*As/(bdoble*hdoble*s)
k=1+rho*fyv/fc
fc1=k*fc*(2*ec1/(k*eo)-(ec1/(k*eo)).^2) % lb/plg2

% Zona 2: k eo < ec <= eu
% Deformación
e50u=(3+0.29*fc)/(145*fc-1000)
e50h=3*rho*sqrt(bdoble/s)/4
Z=0.5/(e50u+e50h+k*eo)
eu=k*eo+0.8/Z
ec2=linspace(eo,eu,2) % División de la abscisa

% Esfuerzo
fc2=k*fc*(1-Z*(ec2-k*eo)) % lb/plg2

% 3. CONCATENACIÓN
ec=[ec1 ec2];
fc12=[fc1/14.2233 fc2/14.2233];
R=[ec',fc12'];

% 4. DIAGRAMACIÓN
hold on % Sobreescribe
plot(ec,fc12,'-o')
title('MODELO PARK PARA EL CONCRETO CONFINADO')
xlabel('ec')
ylabel('fc (kg/cm2)')
grid on
endfunction

```


4.1.3. Etapa tercera, Construcción de los modelos constitutivos del concreto y el acero

Modelos constitutivos del acero

Se calcularon los modelos constitutivos del acero con ayuda de los programas presentados en el apartado anterior. En las **Figura 17** y **Figura 18** se muestran los modelos Trilineal y Park y Paulay respectivamente.

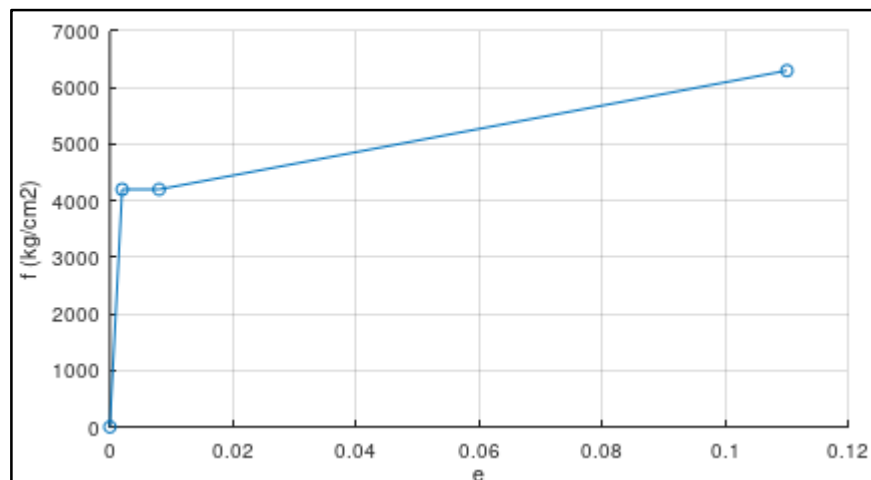


Figura 17: Modelo Trilineal para el acero.

Fuente: Elaboración propia.

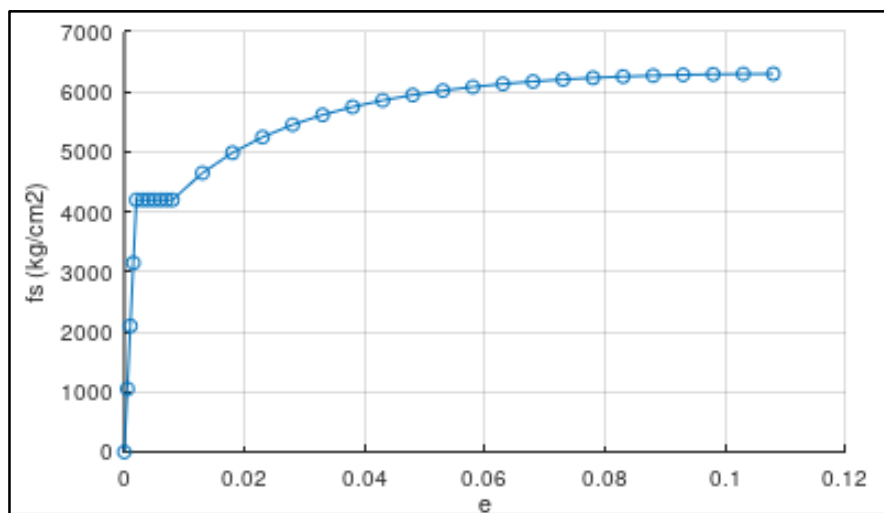


Figura 18: Modelo Park y Paulay para el acero.

Fuente: Elaboración propia.

Modelos constitutivos del concreto

Se calcularon los modelos constitutivos del concreto con ayuda de los programas presentados en el apartado anterior. En la **Figura 19**, se muestra la comparación de estos modelos. El modelo Kent y Park 1 es para el concreto no confinado y Kent y Park 2 y Park et al. para el concreto confinado. El comportamiento del concreto no confinado depende solo de su resistencia (f'_c), mientras que, el comportamiento del concreto confinado depende de parámetros como: La resistencia del concreto (f'_c), ancho de la sección (b), altura de la sección (h), recubrimiento (r), diámetro, área y espaciamiento del refuerzo transversal.

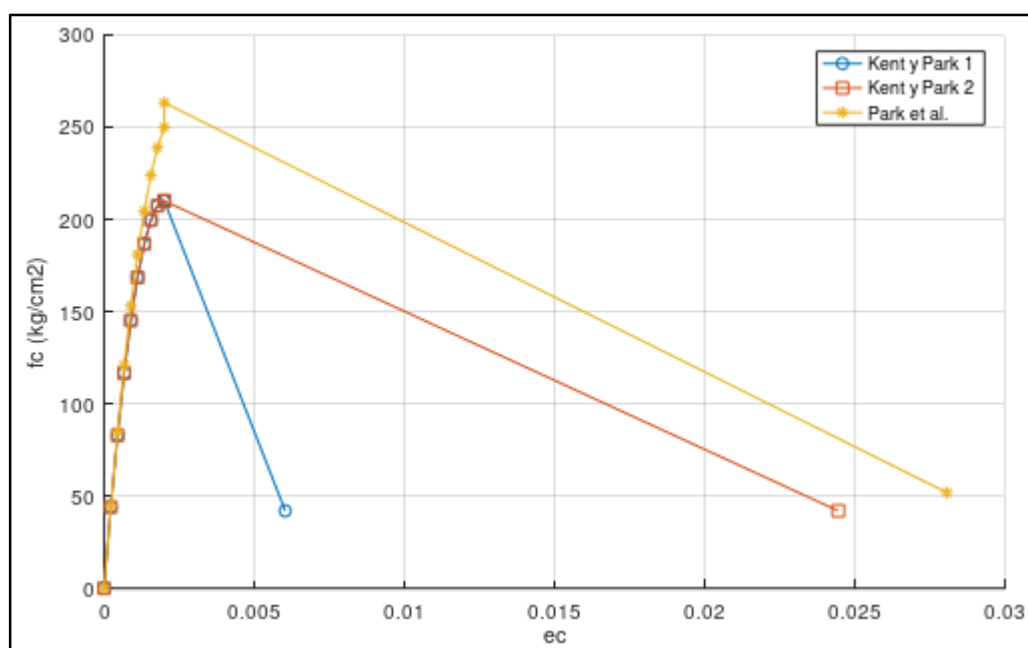


Figura 19: Comparación de los modelos constitutivos para el concreto.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Etapa cuarta: Descripción de las Metodologías para el cálculo de los diagramas momento curvatura

Se describe la metodología para el cálculo de los diagramas momentos – curvatura para las secciones. La forma de cálculo del diagrama momento curvatura está basada en los siguientes principios: compatibilidad de deformaciones, equilibrio de fuerzas y equilibrio de momentos. El procedimiento de cálculo orientado a la elaboración de un sistema de computación se indica a continuación (AGUIAR FALCONI, 2015)

1. Seleccionar un valor de deformación máxima del hormigón, ε_c , para obtener un punto del diagrama momento curvatura.
2. Imponerse una ubicación del eje neutro c , y en base a esta ubicación trazar el perfil de deformación a lo largo de la profundidad de la sección. Se supone que la deformación varía linealmente. Por medio de la compatibilidad de deformaciones se determina las deformaciones en cada fila de acero, ε_s , y en cualquier punto del hormigón.
3. Con las deformaciones obtenidas, se obtienen los correspondientes esfuerzos del acero y el hormigón en base a las curvas constitutivas de los respectivos materiales.
4. En función de los esfuerzos, se calculan las fuerzas que actúan sobre la sección de acero y hormigón, multiplicando cada esfuerzo por su área respectiva.
5. La suma vectorial de las fuerzas representa la carga axial neta que gravita sobre la sección. Se ve que exista equilibrio de fuerzas, considerando la carga axial dada. Si no hay equilibrio se repite desde el paso 2 aumentando o disminuyendo la profundidad del eje neutro, según cual sea el caso. El cálculo es iterativo hasta tener equilibrio.
6. Por último, se obtiene el momento flector interno que corresponde a la última posición del eje neutro, multiplicando cada fuerza por su brazo respectivo, medido desde el eje de referencia al centroide plástico de la sección.

La curvatura se calcula como la razón de la deformación del hormigón ε_c , sobre la distancia al eje neutro.

De esta forma se obtiene un punto del diagrama envolvente momento curvatura. Para encontrar otro punto se impone un nuevo valor de ε_c y se repite del paso 2 al paso 6.

4.1.5. Etapa quinta, Automatización del proceso de cálculo de los diagramas momento curvatura.

Se automatizo el procedimiento de cálculo de diagramas momento curvatura, construyendo el flujograma que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y utilizando el lenguaje de programación de Matlab.

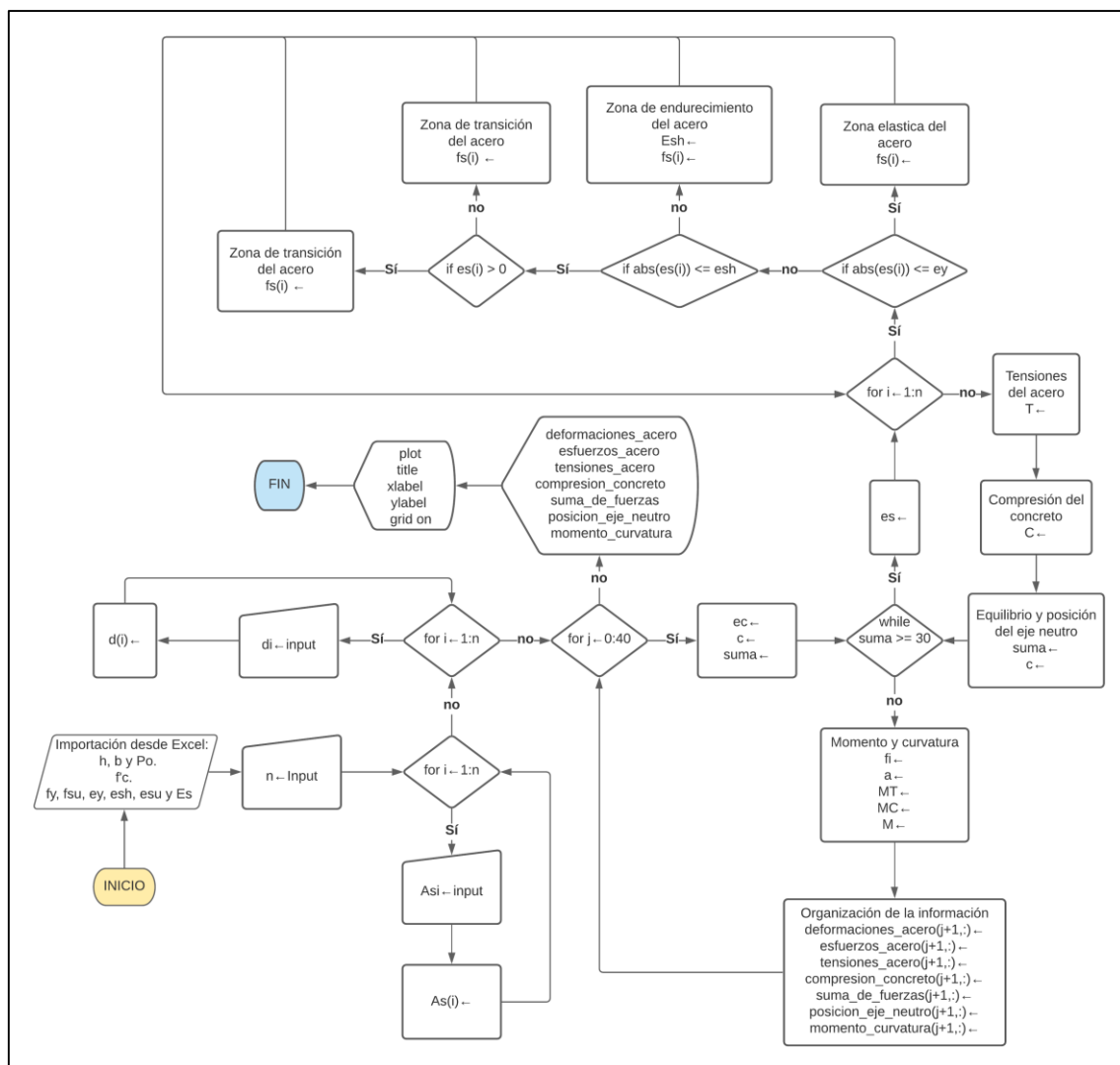


Figura 20: Flujograma de programación del programa “mocurva1”.

Fuente: Elaboración propia.

Programa principal “mocurva1”

El programa principal del sistema de computación es “mocurva1” que se encarga de calcular los diagramas momento curvatura considerando los siguientes pasos:

1. Se importan los datos de entrada de la sección.
2. Se importa la distribución de armadura.
3. Se ingresa através de pantalla el modelo constitutivo del acero.
4. Se ingresa através de pantalla el modelo constitutivo del concreto.
5. Empieza las instrucciones de cálculo con la estructura repetitiva FOR.
6. Finalmente se realiza el trazado de la curva momento curvatura.

El programa “mocurva1” se presenta a continuación.

```

function [R,r3,r8,n]=mocurva1()
%-----
% Programa principal para el cálculo de diagramas momento curvatura, rigidez
% y ductilidad local de secciones rectangulares, en L y en I de concreto
% armado para vigas, columnas y muros de corte.
%
%          Por: Saul Elvis Hinostraza LLanto.
%          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%          25/02/2021
%-----
% [R,r3,r8,n]=mocurva1()
%-----
% DATOS DE ENTRADA
%
% RESULTADOS
% R = Devuelve ec, es, fs, T, C, suma, c, fi y M en una matriz.
% r2 = Vector con el cambio de esfuerzos del acero (Kg/cm2)
% r8 = matriz con los momentos y la curvatura (1/m,Tm)
% n = Número de capas de refuerzo
%-----
clear
clc
% 1. IMPORTAMOS LOS DATOS DE LA SECCIÓN
    datos=input('Ingrese el archivo de datos: ');
% Propiedades de la sección
    h=xlsread(datos,'E9:E9')
    b=xlsread(datos,'E10:E10')
    Po=xlsread(datos,'E11:E11')
    r=xlsread(datos,'E12:E12')
    fe=xlsread(datos,'E13:E13')
    s=xlsread(datos,'E14:E14')
% Propiedades del concreto
    fc=xlsread(datos,'E17:E17')

```

```

eo=xlsread(datos,'E18:E18')
E=xlsread(datos,'E19:E19')
% Propiedades del acero
fy=xlsread(datos,'E22:E22')
fsu=xlsread(datos,'E23:E23')
ey=xlsread(datos,'E24:E24')
esh=xlsread(datos,'E25:E25')
esu=xlsread(datos,'E26:E26')
Es=xlsread(datos,'E27:E27')
% 2. DISTRIBUCIÓN DE LA ARMADURA
% Se construye un vector fila con el área de acero
As=xlsread(datos,'I10:I29')
% Se construye un vector fila con la posición del acero
d=xlsread(datos,'J10:J29')
% Se cuenta el número de capas de acero
n=numel(As);
% 3. SE ESCOGE EL MODELO CONSTITUTIVO DEL ACERO
disp('¿Que modelo constitutivo utilizara para el ACERO?');
disp('Opción (1): Modelo Trilineal');
disp('Opción (2): Modelo Park y Paulay');
modelo_acero=input('Eligo la opción: ');
% 4. SE ESCOGE EL MODELO CONSTITUTIVO DEL CONCRETO
disp('¿Que modelo constitutivo utilizara para el CONCRETO?');
disp('Opción (1): Modelo bloque rectangular de Whitney');
disp('Opción (2): Modelo de Kent y Park (concreto no confinado)');
disp('Opción (3): Modelo de Kent y Park (concreto confinado)');
disp('Opción (4): Modelo de Park et al.(concreto confinado)');
modelo_concreto=input('Eligo la opción: ');
% 5. APROXIMACIÓN SUCESIVA A LA POSICIÓN (C) EN EQUILIBRIO PARA DEFORMACIONES
% (ec) EN EL RANGO 0.0001 A 0.0040
%=====
cinicial=input('Ingresa la posición inicial del eje neutro: ');
for j=1:40

```

```

ec=j/10000;
c=cinicial; % Posición inicial del eje neutro
suma=30; % Precisión +-30

%-----
while suma>=30
% Creamos un vector fila con las deformaciones del acero
switch modelo_concreto
case 1
    es=(d-c)*ec/c;
case 2
    es=(d-c)*ec/c;
case 3
    es=(d-c)*ec/(c-r);
otherwise
    es=(d-c)*ec/(c-r);
endswitch
% Creamos un vector fila con los esfuerzos del acero
for i=1:n
    if abs(es(i))<=ey
        fs(i)=(fy/ey)*es(i);
    else
        if abs(es(i))<=esh
            if es(i)>0
                fs(i)=fy;
            else
                fs(i)=-fy;
            endif
        else
            fs(i)=plastificacion(modelo_acero,es(i),fy,fsu,esh,esu);
        endif
    endif
endfor
% Creamos un vector fila con las tensiones del acero

```

```

        T= As.*fs;
%   Compresión del concreto
        [C,MC]=compresion(modelo_concreto,ec,c,fc,eo,b,h,r,fy,fe,s);
%   Equilibrio y nueva posición del eje neutro (c)
        suma=sum(T)-C-Po;
        c=c+0.005;
        endwhile
%-----
%   Calculo del momento(M)
        MT=T.*d; % Kgcm
        M=(sum(MT)-MC-Po*h/2)*10^-5; % Tm
%   Calculo de la curvatura (fi)
        switch modelo_concreto
            case 1
                fi=ec*100/c; % 1/m
            case 2
                fi=ec*100/c; %
            case 3
                fi=ec*100/(c-r);
            otherwise
                fi=ec*100/(c-r);
        endswitch
%   Organizamos la información ec, es, fs, T, C, suma, c, fi y M en matrices
        r1(j+1,:)=ec;
        r2(j+1,:)=es;
        r3(j+1,:)=fs;
        r4(j+1,:)=T;
        r5(j+1,:)=C;
        r6(j+1,:)=suma;
        r7(j+1,:)=c;
        r8(j+1,:)=[fi,M];
    endfor
%=====

```



```

R=[r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8];
% 6. DIAGRAMACIÓN
hold on % Sobreescribe
plot(r8(:,1),r8(:,2),'-o')
title('DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA (Sección Rectangular)')
xlabel('fi (1/m)')
ylabel('M (T.m)')
grid on
endfunction

```

Subprograma “plastificación”

El subprograma “plastificación”, calcula el esfuerzo del acero dependiendo del modelo constitutivo elegido en el paso 3. Para su funcionamiento requiere de la deformación unitaria, punto de fluencia, el inicio de endurecimiento y el punto de rotura del acero. El subprograma “plastificación” se muestra a continuación.

```

function [fs] = plastificacion(modelo_acero,es,fy,fsu,esh,esu)
%-----
% El programa "plastificación" es complemento del programa "mcurvatura".
% Calcula el esfuerzo del acero en la zona de endurecimiento según el modelo
% elegido.
%
%          Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
%          UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
%          25/02/2021
%-----
% [fs]=plastificacion(modelo_acero,es,fy,fsu,esh,esu)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
%  modelo_acero = Modelo constitutivo elegido para el acero
%  es = Deformación unitaria del acero (Adimensional)
%  fy = Esfuerzo de fluencia del acero (Kg/cm2)
%  fsu = Resistencia ultima del acero = 1.5fy (Kg/cm2)
%  esh = Deformación de endurecimiento = 0.008
%  esu = Deformación de fractura = 0.11

```

```

% RESULTADOS
% fs = Esfuerzo asociado a la deformación "es" (Kg/cm2)
%-----
switch modelo_acero
% 1. ZONA DE ENDURECIMIENTO MODELO TRILINEAL
    case 1
        Esh=(fsu-fy)/(esu-esh);
        fs=fy+Esh*(es-esh);
% 2. ZONA DE ENDURECIMIENTO MODELO PARK Y PAULAY
    otherwise
        n=esu-esh;
        m=((fsu/fy)*(30*n+1)^2-60*n-1)/(15*n^2);
        A=m*(es-esh)+2;
        B=60*(es-esh)+2;
        C=(es-esh)*(60-m);
        D=2*(30*n+1)^2;
        fs=fy*(A./B+C./D);
    endswitch
endfunction

```

Subprograma “compresión”

El subprograma “compresión”, calcula la compresión total y el momento generado en la sección dependiendo del modelo constitutivo elegido en la etapa 4. Para su funcionamiento requiere de la deformación unitaria del concreto, la posición del eje neutro, el punto de esfuerzo máximo, las dimensiones del estribo, su diámetro y espaciamiento. El subprograma “compresión” se muestra a continuación.

```

function [C,MC]=compresion(modelo_concreto,ec,c,fc,eo,b,h,r,fy,fe,s)
%-----
% El programa "compresion" es complemento del programa "mcurvatura".
% Calcula la compresión del concreto y su aporte a la flexión de acuerdo a la
% deformación que sufre el concreto en la fibra extrema superior de la sección.
%
% Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
% UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

```

```

%                               25/02/2021
%-----
% [C,MC]=compresion(modelo_concreto,ec,c,fc,eo,b,h,r,fy,fe,s)
%-----
% DATOS DE ENTRADA
%  modelo_concreto = Modelo constitutivo que se ha elegido para el concreto
%  ec = Deformación unitaria del concreto (Adimensional)
%  c = Posición del eje neutro(cm)
%  fc = Resistencia del concreto (Kg/cm2)
%  eo = Deformación asociado a la resistencia
%  b = Ancho de la sección (cm)
%  h = Peralte de la sección (cm)
%  r = Recubrimiento (cm)
%  fy = Esfuerzo de fluencia del estribo (Kg/cm2)
%  fe = Diametro del acero del estribo (cm)
%  s = Espaciamiento del estribo (cm)
% RESULTADOS
%  C = Compresión resultante del concreto (Kg)
%  MC = Momento flector que aporta la compresión (kgcm)
%-----
switch modelo_concreto
% 1. MODELO RECTANGULAR DE WHITNEY PARA CONCRETO NO CONFINADO
    case 1
        a=0.85*c;
        C=0.85*fc*a*b;
        MC=C*(a/2);
% 2. MODELO KENT Y PARK PARA CONCRETO NO CONFINADO
    case 2
        if ec<=eo
            alfa=ec*(3*eo-ec)/(3*eo^2);
            gama=(8*eo-3*ec)/(4*(3*eo-ec));
        else
            e50u=(3+eo*fc*14.2233)/(fc*14.2233-1000);

```

```

Z=0.5/(e50u-eo);
alfa=(6*ec-2*eo-3*Z*(ec-eo)^2)/(6*ec);
A=(6*Z*ec^2*eo+6*ec^2-4*Z*ec^3-eo^2-2*Z*eo^3);
B=(ec*(12*ec-4*eo-6*Z*ec^2+12*Z*eo*ec-6*Z*eo^2));
gama=A/B;
endif
C=alfa*fc*b*c;
MC=C*(1-gama)*c;
% 3. MODELO KENT Y PARK PARA CONCRETO CONFINADO
case 3
hr=c-r;
ecm=ec; % =hr*ec/(c*r);
if ec<=eo
    alfa=ec*(3*eo-ec)/(3*eo^2);
    alfacm=ecm*(3*eo-ecm)/(3*eo^2);
    gama=(8*eo-3*ec)/(4*(3*eo-ec));
    gamacm=(8*eo-3*ecm)/(4*(3*eo-ecm));
else
    bdoble=b-2*r;
    bprima=bdoble-fe;
    hdoble=h-2*r;
    hprima=hdoble-fe;
    As=pi*fe^2/4;
    rho=2*(bprima+hprima)*As/(bdoble*hdoble*s);
    e50u=(3+eo*fc*14.2233)/(fc*14.2233-1000);
    e50h=3*rho*sqrt(bdoble/s)/4;
    Z=0.5/(e50u+e50h-eo);
    alfa=(6*ec-2*eo-3*Z*(ec-eo)^2)/(6*ec);
    alfacm=(6*ecm-2*eo-3*Z*(ecm-eo)^2)/(6*ecm);
    A=(6*Z*ec^2*eo+6*ec^2-4*Z*ec^3-eo^2-2*Z*eo^3);
    B=(ec*(12*ec-4*eo-6*Z*ec^2+12*Z*eo*ec-6*Z*eo^2));
    gama=A/B;
    C=(6*Z*ecm^2*eo+6*ecm^2-4*Z*ecm^3-eo^2-2*Z*eo^3);

```

```

    D=(ecm*(12*ecm-4*eo-6*Z*ecm^2+12*Z*eo*ecm-6*Z*eo^2));
    gamacm=C/D;
endif
Cc=alfa*fc*(b-2*r)*(c-r);
Cn=alfacm*fc^2*r*hr;
C=Cc+Cn;
MC=Cc*(1-gama)*(c-r)+Cn*(1-gamacm)*hr;
% 4. MODELO PARK ET AL. PARA CONCRETO CONFINADO
otherwise
% ecm=hr*ec/(c*r);
bdoble=b-2*r;
bprima=bdoble-fe;
hdoble=h-2*r;
hprima=hdoble-fe;
As=pi*fe^2/4;
rho=2*(bprima+hprima)*As/(bdoble*hdoble*s);
k=1+rho*fy/fc;
if ec<=k*eo
    alfa=ec*(3*k*eo-ec)/(3*k*eo^2);
    gama=(8*k*eo-3*ec)/(4*(3*k*eo-ec));
else
    e50u=(3+0.29*fc*14.2233)/(145*fc*14.2233-1000);
    e50h=3*rho*sqrt(bdoble/s)/4;
    Z=0.5/(e50u+e50h+k*eo);
    alfa=(6*ec-2*k*eo-3*Z*(ec-k*eo)^2)/(6*ec);
    A=6*Z*ec^2*k*eo+6*ec^2-4*Z*ec^3-k*eo^2-2*Z*k*eo^3;
    B=ec*(12*ec-4*k*eo-6*Z*ec^2+12*Z*k*eo*ec-6*Z*k*eo^2);
    gama=A/B;
endif
C=alfa*k*fc*b*(c-r);
MC=C*(1-gama)*(c-r);
endswitch
endfunction

```

4.1.6. Etapa sexta: Elaboración de Manual del uso del aplicativo.

En la presente etapa se construyó un manual de usuario, que consta de 2 pasos para la construcción de diagramas momento curvatura utilizando el programa “mocurva1”.

Paso 1

Estando en la interfaz de usuario de Matlab, en la ventana “File Browser” buscamos e ingresamos a la carpeta “SISTEMA DE COMPUTACIÓN” que contiene el conjunto de programas y archivos diseñados para este proyecto. Hacemos doble clic en el archivo de Excel “datos”, en seguida se abre el archivo mostrándonos nuestra ficha de recolección de datos donde debemos ingresar todos los parámetros de entrada como, por ejemplo: las propiedades de los materiales y características de la sección de concreto armado. Luego de ingresar los parámetros mencionados guardamos el archivo regresando a la interfaz de Matlab.

Paso 2

Mostrando en la ventana “File Browser” los archivos de nuestra carpeta “SISTEMA DE COMPUTACIÓN”, escribimos en la ventana de comando (“Command Window”):

[R,r3,r8,n]=mocurva1()

Se activa el programa “mocurva1” mostrándonos en la ventana de comando la declaración:

Ingrese el archivo de datos:

Deberá escribir el nombre del archivo de Excel “datos” de la siguiente manera:

Ingrese el archivo de datos: ‘datos.xlsx’

Al dar “Enter” automáticamente el programa inicia el proceso explicado en el Item 4.1.5.1. de este documento y se imprime en pantalla la siguiente pregunta:

¿Qué modelo constitutivo utilizará para el ACERO?

Opción (1): Modelo Trilineal

Opción (2): Modelo Park y Paulay

Elijo la opción:

Entonces deberá ingresar la opción de su interés, por ejemplo:

Elijo la opción: 2

Al dar “Enter” aparece en pantalla la siguiente pregunta:

¿Qué modelo constitutivo utilizara para el CONCRETO?

Opción (1): Modelo bloque rectangular de Whitney

Opción (2): Modelo de Kent y Park (concreto no confinado)

Opción (3): Modelo de Kent y Park (concreto confinado)

Opción (4): Modelo de Park et al.(concreto confinado)

Elijo la opción:

Entonces deberá ingresar la opción de su interés, por ejemplo:

Elijo la opción: 4

Al dar “Enter” aparece en pantalla la siguiente declaración:

Ingrese la posición inicial del eje neutro:

Entonces deberá ingresar la posición inicial del eje neutro (c) a partir del cual empezará la aproximación sucesiva (Iteración) hasta alcanzar el equilibrio para una deformación específica del concreto (ϵ_c).

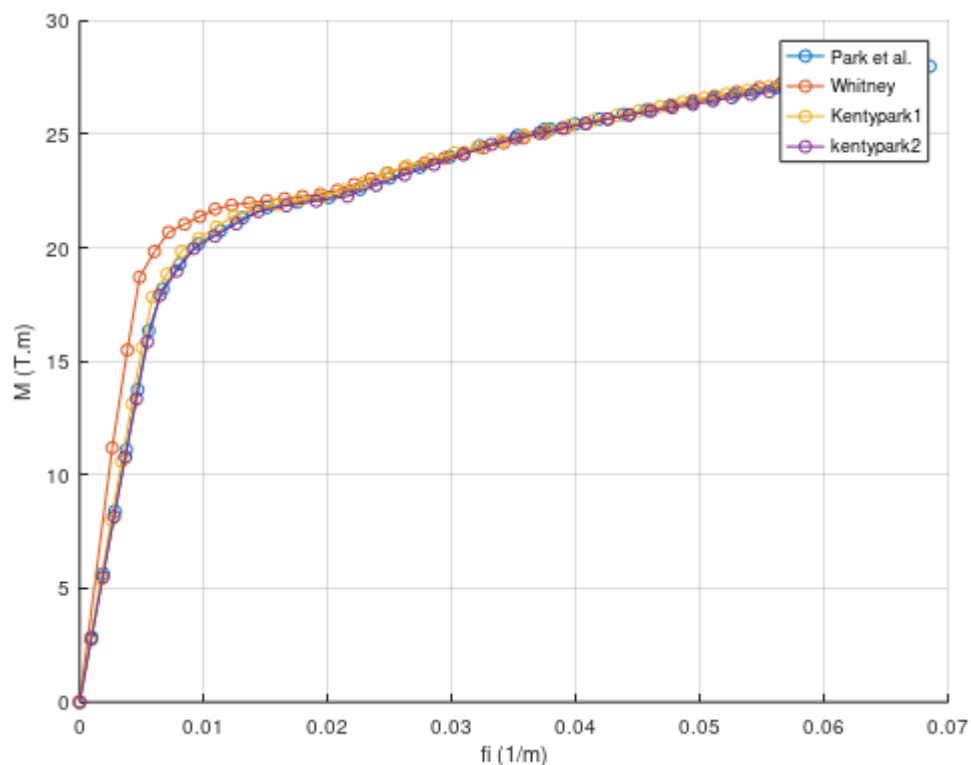


Figura 21: Comparación de las curvas momento curvatura, calculadas con el programa “mocurva1” con distintos modelos constitutivos del concreto.

Fuente: Elaboración propia.

Si para el modelo constitutivo del concreto eligió la Opción 1 o 2 puede ingresar valores:

$$c \leq r$$

Donde:

r es el recubrimiento de la sección.

Si para el modelo constitutivo del concreto eligió la Opción 3 o 4 tiene que ingresar un valor igual a:

$$c = r + 1$$

Por ejemplo si $r = 4$:

Ingrese la posición inicial del eje neutro: 5

Al dar “Enter” el programa dibuja automáticamente el diagrama momento curvatura y en la ventana de comandos “Command Window” se muestra una matriz (R) con un resumen del cálculo realizado por el ordenador.

4.2 RESULTADOS DE MOMENTO CURVATURA PARA DISTINTOS ELEMENTOS DE CONCRETO ARMADO

4.2.1. Flexión de vigas

Se aplicó el sistema de computación en el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de vigas estudiadas por (RODRIGUEZ MORALES, 2015) y se determinó la influencia de la sección peraltada en los parámetros del diagrama momento curvatura conservando la cantidad de refuerzo longitudinal. Las propiedades de los materiales, para el cálculo de ambas secciones se presentan en la **Tabla 6**.

Tabla 6: *Propiedades de los materiales de la sección de viga.*

PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'_c):	306	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ϵ_o):	0.002	Adim
Módulo de elasticidad (E):	262392.83	Kg/cm ²
PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f_y):	4283	Kg/cm ²
Esfuerzo ultimo (f_{su}):	5303	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ϵ_y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ϵ_{sh}):	0.0125	Adim
Deformación de rotura (ϵ_{su}):	0.10	Adim
Módulo de elasticidad (E_s):	2141500	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

La posición y el refuerzo longitudinal de las secciones se muestra en la **Figura 22**. Para aproximarnos a los resultados de (RODRIGUEZ MORALES, 2015), se utilizó el modelo de (PARK and PAULAY, 1975) para el comportamiento del acero y el modelo de (WHITNEY, 1942) para el comportamiento del concreto no confinado.

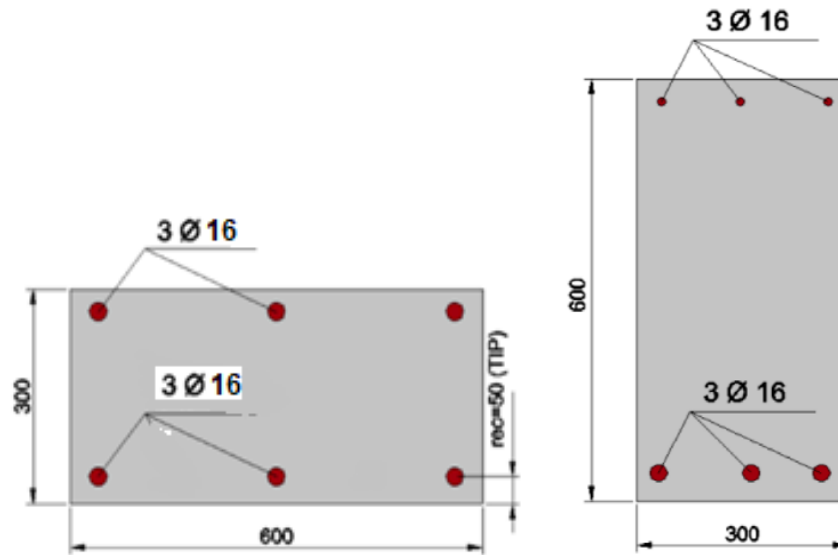


Figura 22: Cambio de posición. Izquierda: Viga plana. Derecha: Viga peraltada.

Fuente: (Rodríguez 2015)

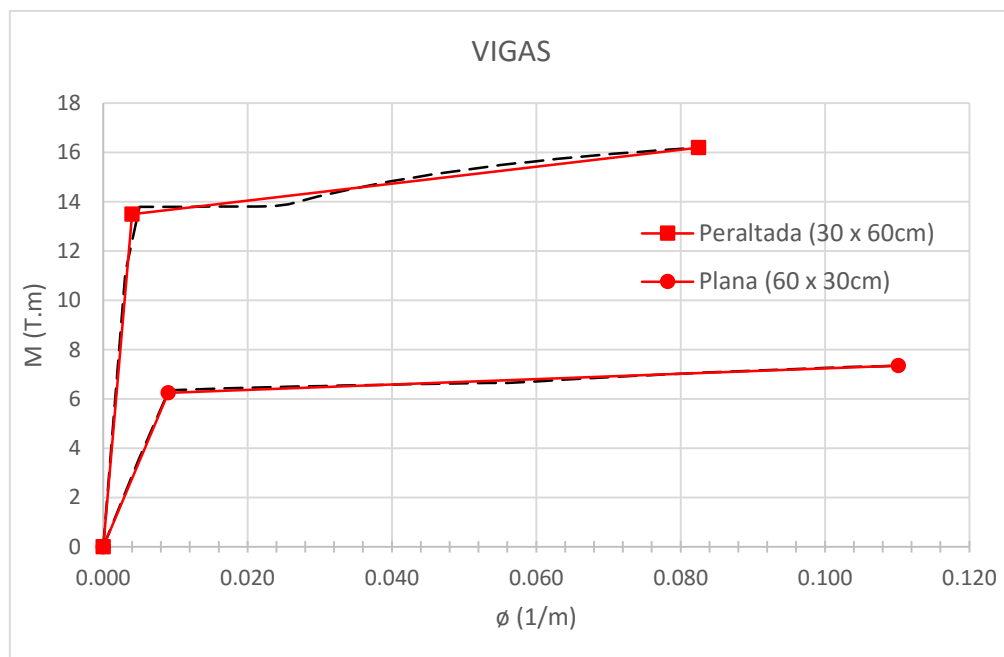


Figura 23: Influencia de la sección peraltada en el diagrama momento curvatura de secciones de vigas.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Resumen de resultados para vigas.

INDICADOR	Notación	Plana	Peraltada	Influencia (%)
Rigidez a flexión	Ele	694	3375	386
Rigidez de post fluencia	Elp	11	34	215
Porcentaje de rigidez efectiva	Ele/EI	0.20	0.24	22
Ductilidad local por curvatura	u_{θ}	12.24	20.63	68

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del sistema de computación facilitó los cálculos del diagrama momento curvatura para ambas secciones y los resultados se muestran en la **Figura 23**. Se calculó que la rigidez a flexión de la sección aumenta de 694 a 3375 T.m² en un 386% al peraltar la sección. La rigidez de post fluencia aumenta de 11 a 34 T.m² en 215%. El porcentaje de rigidez efectiva aumenta de 0.20 a 0.24 en un 22% y la ductilidad local por curvatura aumenta de 12.24 a 20.63 en un 68%. Se muestra un resumen de los resultados en la **Tabla 7**, Se valida la hipótesis, La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas, de secciones de concreto armado.

4.2.2. Flexo compresión de columnas

Se aplicó el sistema de computación en el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de columnas estudiadas por (MEDINA, 2015) y se determinó la influencia de la cuantía de reforzamiento longitudinal en los parámetros del diagrama momento curvatura, conservando las dimensiones de la sección y su carga axial. Las características de la sección se muestran en la **Tabla 8** y **Figura 24**.

El cambio de la cuantía de acero y su distribución en la sección se muestra en la **Tabla 9**. Para aproximarnos a los resultados de (MEDINA, 2015), se utilizó

el modelo de (PARK and PAULAY, 1975), para el comportamiento del acero y el modelo de (PARK, y otros, 1982) para el comportamiento del concreto confinado.

Tabla 8: Propiedades de los materiales y características de la columna trabajando a flexo compresión.

CARACTERISTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	50	cm
Ancho de la sección (b):	50	cm
Carga axial (P_o):	-101972	Kg
Recubrimiento (r):	3	cm
Diámetro del estribo (ϕ):	1	cm
Espaciamiento del estribo (s):	25	cm
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'_c):	210	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ϵ_o):	0.002	Adim
Modulo de elasticidad (E):	217370.65	Kg/cm ²
PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f_y):	4200	Kg/cm ²
Esfuerzo ultimo (f_{su}):	6300	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ϵ_y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ϵ_{sh}):	0.008	Adim
Deformación de rotura (ϵ_{su}):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (E_s):	2100000	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

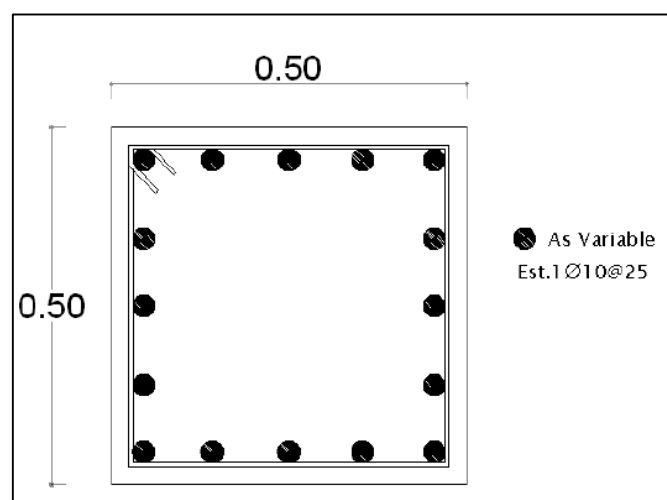


Figura 24: Sección de columna (50x50cm) trabajando a flexo compresión.

Fuente: Medina 2015

Tabla 9: Distribución de fierros según cuantía de reforzamiento longitudinal para la columna.

Cuantía	1% (16ø14mm)		2% (16ø20mm)		3% (16ø22mm)	
# Capa	As (cm ²)	d (cm)	As (cm ²)	d (cm)	As (cm ²)	d (cm)
1	7.70	3	15.71	3	22.81	3
2	3.08	15	6.283	15	7.60	11.8
3	3.08	25	6.28	25	7.60	20.6
4	3.08	35	6.28	35	7.60	29.4
5	7.70	47	15.71	47	7.60	38.2
6					22.81	47

Fuente: Elaboración propia.

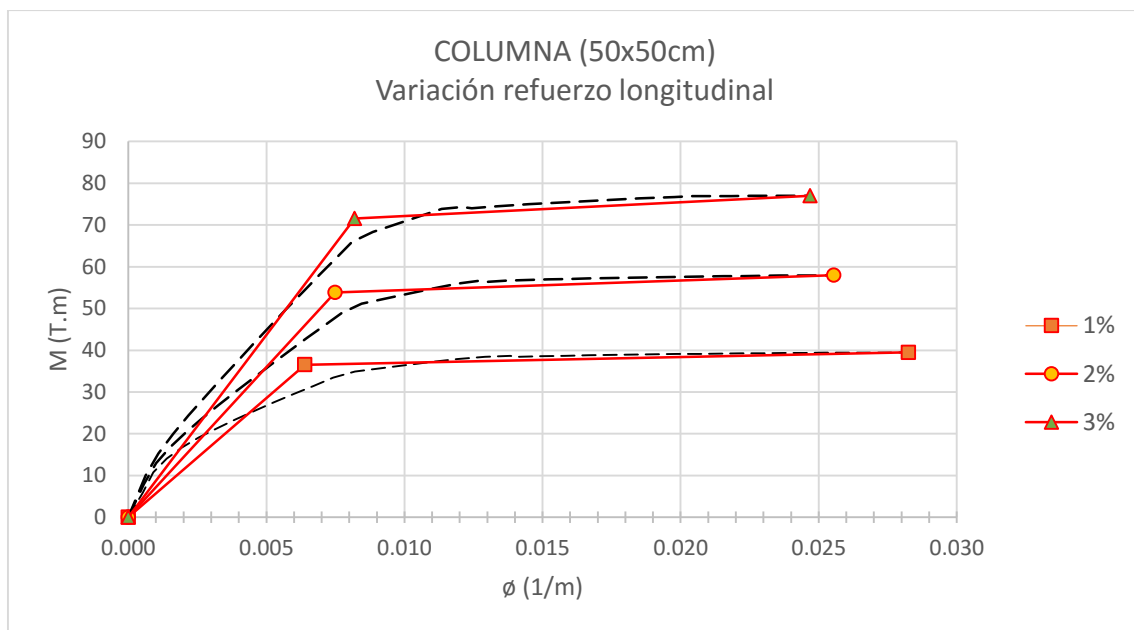


Figura 25: Comparación de las curvas momento curvatura asociadas a una cuantía de reforzamiento longitudinal.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Resumen de resultados para columnas

INDICADOR	Notación	Cuantía		
		1%	2%	3%
Rigidez a flexión	Ele	5714	7190	8733
Rigidez de post fluencia	Elp	134	228	328
Porcentaje de rigidez efectiva	Ele/EI	0.50	0.64	0.77
Ductilidad local por curvatura	u _ϕ	4.42	3.41	3.01

Fuente: Elaboración propia.



Figura 26: Efecto de la cuantía de acero longitudinal en la ductilidad local por curvatura de una columna sometida a flexo compresión.

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del sistema de computación facilitó los cálculos del diagrama momento curvatura para cada cuantía de acero como se muestra en la **Figura 25**. Se calculó que la rigidez a flexión de la sección aumenta linealmente de 5714 a 7190 y 8733 T.m² para las cuantías de acero 1, 2 y 3% respectivamente. De igual manera la rigidez de post fluencia aumenta linealmente de 134 a 228 y 328 T.m² y el porcentaje de rigidez efectiva aumenta linealmente de 0.50 a 0.64 y 0.77. Por el contrario, la ductilidad local por curvatura disminuye con tendencia a la horizontalidad de 4.42 a 3.41 y 3.01. Se muestra un resumen de estos resultados en la **Tabla 10** y **Figura 26**, Por lo cual se valida la hipótesis, La aplicación del

Sistema de Computación facilitara el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas de secciones de concreto armado.

4.2.3. Flexión de Muros

Se aplicó el sistema de computación en el cálculo de diagramas momento curvatura de la sección de muro estudiado por (ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015) y se determinó la influencia de los elementos de borde en los parámetros del diagrama momento curvatura conservando la longitud y espesor del muro. Las propiedades de los materiales para el cálculo de ambas secciones se presentan en la **Tabla 11**.

Tabla 11: *Propiedades de los materiales para las secciones de muro.*

PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'_c):	211.08	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ϵ_o):	0.002	Adim
Módulo de elasticidad (E):	218046.7	Kg/cm ²
PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f_y):	4219.4	Kg/cm ²
Esfuerzo ultimo (f_{su}):	6329.2	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ϵ_y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ϵ_{sh}):	0.008	Adim
Deformación de rotura (ϵ_{su}):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (E_s):	2039440	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Las características del muro con y sin elementos de borde y la distribución del refuerzo longitudinal se muestran en la **Figura 27** y la **Tabla 12** respectivamente. Para representar el comportamiento de los materiales, para el muro sin elementos de borde se utilizó el modelo Trilineal para el acero y el modelo de Whitney para el concreto no confinado. Por otro lado, para un muro con elementos de borde se utilizó el modelo Trilineal para el comportamiento del acero y el modelo de Park et al. (1982) para el concreto confinado en el borde.

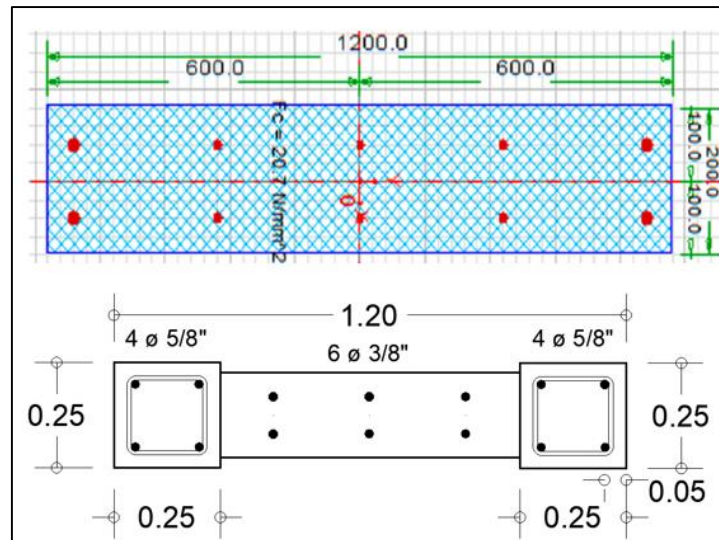


Figura 27: Arriba: Sección de muro (20x120cm) sin y con elementos de borde de (25x25cm).

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Distribución del refuerzo longitudinal de la sección de muro con y sin elementos de borde.

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO				
# Capa	Con elementos de borde		Sin elementos de borde	
	As (cm ²)	d (cm)	As (cm ²)	d (cm)
1	3.96	5	3.96	5
2	1.42	32.5	3.96	20
3	1.42	60	1.42	38
4	1.42	87.5	1.42	60
5	3.96	115	1.42	83
6			3.96	100
7			3.96	115

Fuente: Elaboración propia.

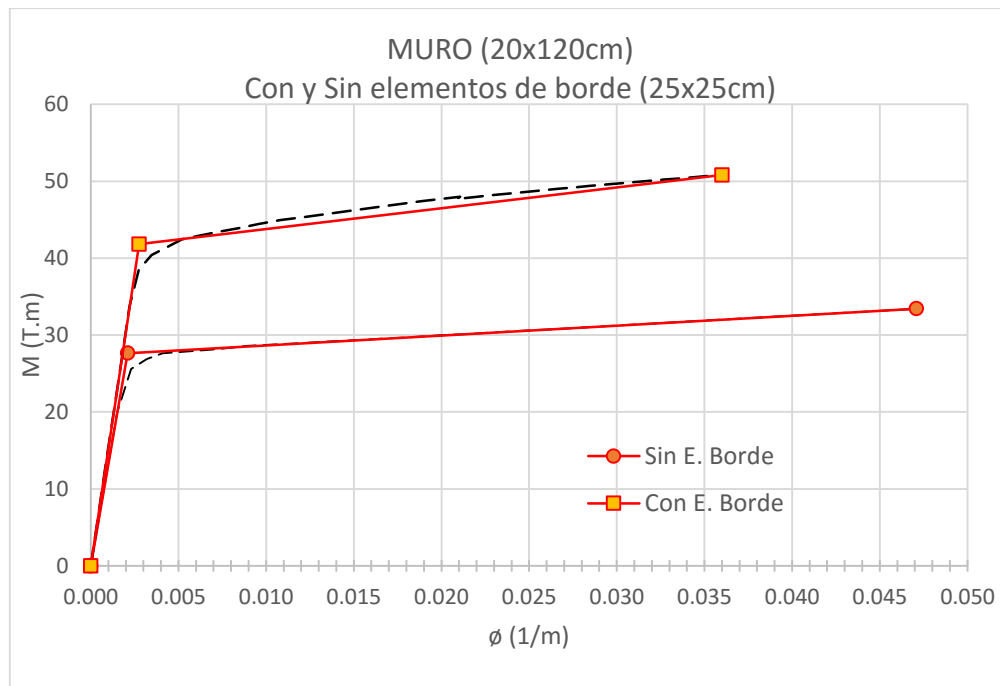


Figura 28: Efecto de los elementos de borde (25x25cm) en el diagrama momento curvatura de una sección de muro de 20x120cm.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Resumen de los efectos que provocan los elementos de borde (25x25cm) en el diagrama momento curvatura de una sección de muro de 20x120cm.

INDICADOR		Sin E. borde	Con E. Borde	Influencia (%)
Rigidez a flexión	Ele	13167	15208	16
Rigidez de post fluencia	Elp	129	271	111
Porcentaje de rigidez efectiva	Ele/EI	0.21	0.19	-8
Ductilidad local por curvatura	$u\phi$	22.43	13.09	-42

Fuente: Elaboración propia.

La aplicación del sistema de computación facilitó los cálculos del diagrama momento curvatura para ambas secciones y los resultados se muestran en la figura 28. Se observa que la rigidez a flexión de la sección aumenta de 13167 a 15208 T.m² en un 16%. La rigidez de post fluencia aumenta de 129 a 271 T.m² en 111%. Por otro lado, el porcentaje de rigidez efectiva disminuye de 0.21 a 0.19 en -8% y la ductilidad local por curvatura disminuye de 22.43 a 13.09 en -42%. Se muestra un resumen en la **Tabla 13**, Por lo cual se valida la hipótesis, La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de flexión de muro de secciones de concreto armado.

V. DISCUSIONES

La presente investigación “Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021” tuvo como objetivo principal evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

5.1. Flexión de vigas

Se aplicó el sistema de computación en el cálculo del diagrama momento curvatura de sección de viga peraltada estudiada por (RODRIGUEZ MORALES, 2015) y se encontró muy buena asociación con los resultados del autor como se muestra en la **Figura 29**. Se calculó que la rigidez a flexión aumenta de 3060 a 3375 T.m² en un 10%. La rigidez de post fluencia aumenta de 30 a 34 T.m² en 14%. El porcentaje de rigidez efectiva aumenta de 0.22 a 0.24 en un 10% y la ductilidad local por curvatura aumenta de 19.00 a 20.63 en un 9%. Se muestra un resumen de estos resultados en la **Tabla 7** **Tabla 7:** Resumen de resultados para vigas. Se observa que existe buena asociación entre ambas curvas, debido a que los modelos constitutivos de los materiales son idénticos.entre (RODRIGUEZ MORALES, 2015) y los resultados de la presente tesis, tomando en cuenta que la regencia utiliza el modelo (MANDER, 1984), y en la presente tesis el modelo (WHITNEY, 1942) y para el acero (KENT, y otros, 1971) y (PARK and PAULAY, 1975), respectivamente para el comportamiento del acero.

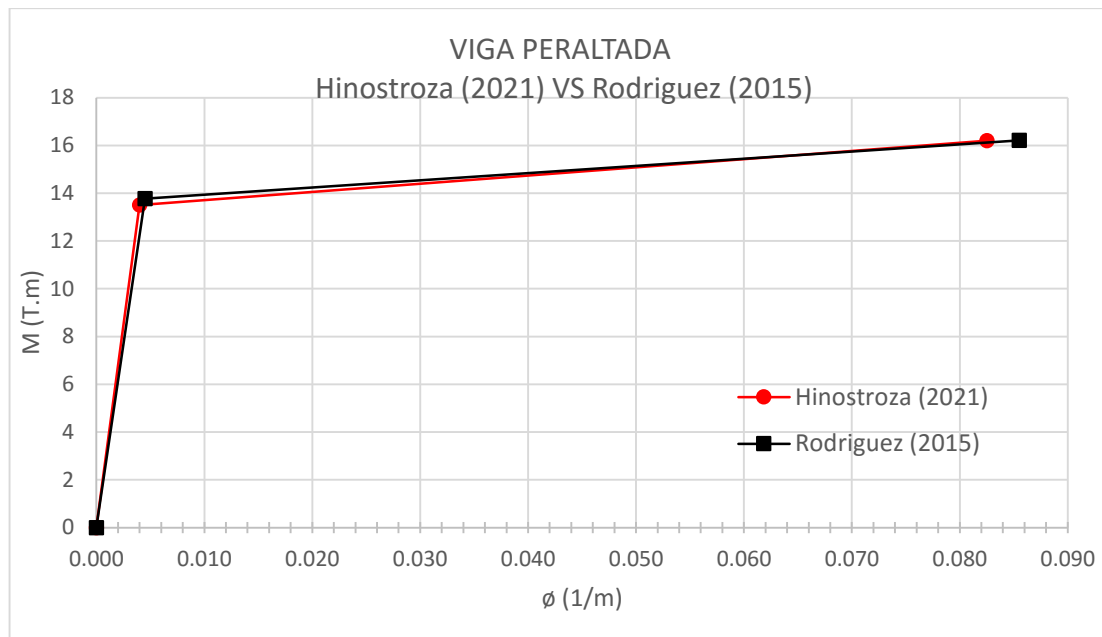


Figura 29: Diagramas momento curvatura de viga peraltada de la investigación con Rodríguez

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Resumen de la asociación de diagramas momento curvatura de viga peraltada de la investigación y Rodríguez.

INDICADORES		Rodríguez (2015)	investigación (2021)	Diferencia (%)
Curvatura de fluencia	ϕ_y	0.0045	0.0040	-11
Momento de fluencia	M_y	13.77	13.50	-2
Curvatura de rotura	ϕ_u	0.0855	0.0825	-4
Momento de rotura	M_u	16.22	16.20	0
Rigidez a flexión	Ele	3060	3375	10
Rigidez de post fluencia	Elp	30	34	14
Porcentaje de rigidez efectiva	Ele/EI	0.22	0.24	10
Ductilidad local por curvatura	$u\phi$	19.00	20.63	9

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Flexo compresión de columnas

Se aplicó el sistema de computación en el cálculo del diagrama momento curvatura de una sección de columna trabajando a flexo compresión estudiada por (MEDINA, 2015) y se encontró muy buena asociación en la zona elástica con los resultados del autor como se muestra en la **Figura 30**. Se calculó que la rigidez a flexión aumenta de 4342 a 5714 T.m² en un 32%. La rigidez de post fluencia aumenta de

0 a 134 T.m². El porcentaje de rigidez efectiva aumenta de 0.38 a 0.50 en un 32% y la ductilidad local por curvatura se reduce de 12.02 a 4.42 en un -63%. Se muestra un resumen de estos resultados en la **Tabla 10**.

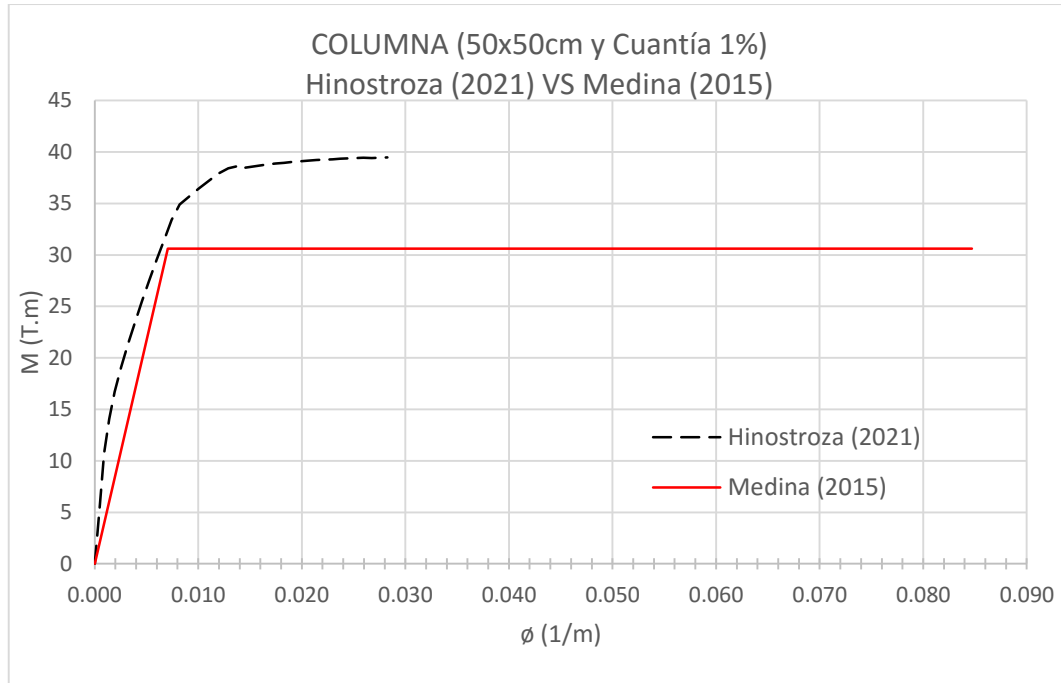


Figura 30: Diagramas momento curvatura para sección de columna trabajando a flexo compresión de 50x50cm y cuantía de 1% Medina y la investigación .

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Resumen de la asociación de diagramas momento curvatura de columna trabajando a flexo compresión, investigación y Medina

INDICADOR		Rodríguez (2015)	investigación (2021)	Diferencia (%)
Rigidez a flexión	Ele	4342	5714	32
Rigidez de post fluencia	Elp	0	134	-
Porcentaje de rigidez efectiva	Ele/EI	0.38	0.50	32
Ductilidad local por curvatura	$u\phi$	12.02	4.42	-63

Fuente: Elaboración propia.

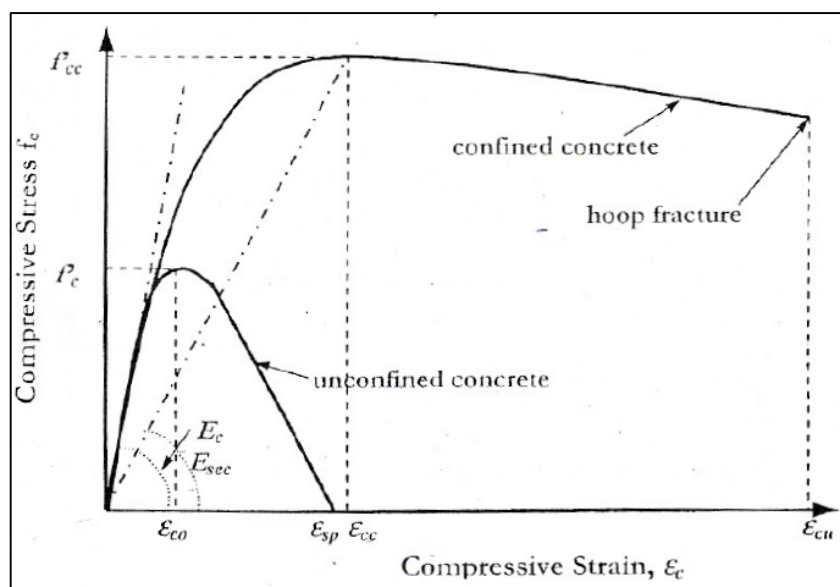


Figura 31: Modelo de Mander para el concreto confinado y no confinado, asumido por Medina.

Fuente: (Medina 2015)

Se observa que existe mala asociación entre ambas curvas, debido a que los modelos constitutivos de los materiales son distintos. (MEDINA, 2015) y la investigación utilizan los modelos de (MANDER, 1984) y (PARK and PAULAY, 1975). respectivamente para el concreto confinado. El modelo de (MANDER, 1984) para el concreto confinado contempla el aumento de resistencia del concreto por la contribución de los estribos, el comportamiento es más real y menos conservador que el modelo Park et al. como puede observarse en la **Figura 31**. Además, (MEDINA, 2015) utiliza para el comportamiento del acero un modelo desconocido que considera una zona de endurecimiento post fluencia definido en base a tres factores K_1 , K_2 y K_3 , que relacionan las deformaciones de inicio del endurecimiento, máximo esfuerzo y ultima, respectivamente, con respecto a la deformación de fluencia; y un factor K_4 que relaciona el máximo esfuerzo con respecto al esfuerzo de fluencia como se muestra en la **Figura 32**. Además, para la bilinealización del diagrama momento curvatura, utiliza el método de (CALTRANS, 2004) que se muestra en la **Figura 33**.

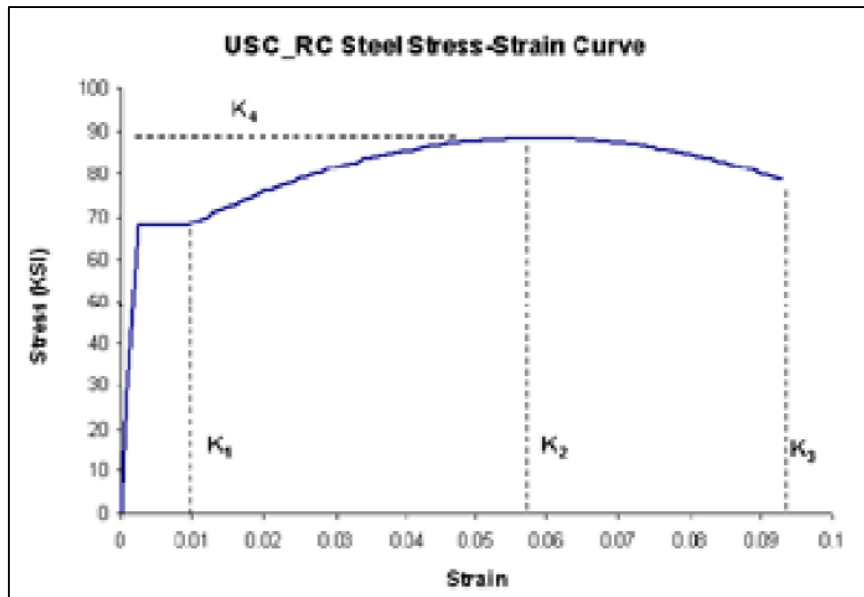


Figura 32: Modelo desconocido para el comportamiento del acero, asumido por Medina 2015

Fuente: (Medina 2015)

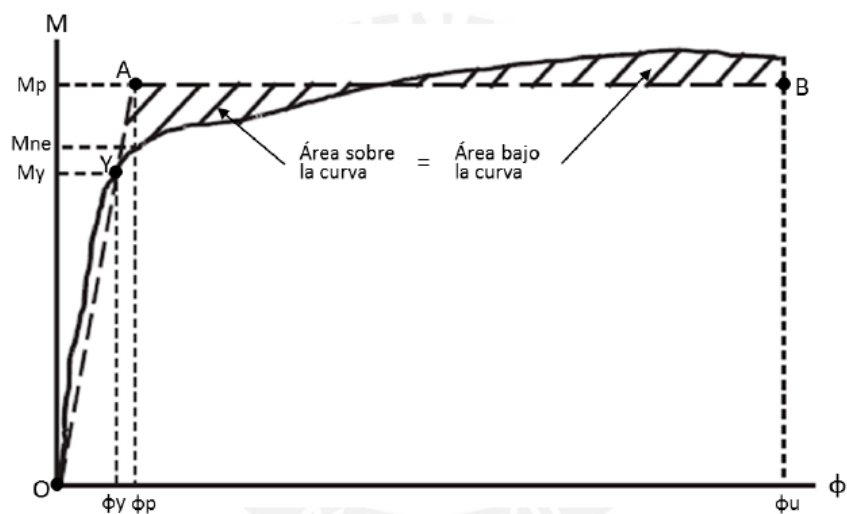


Figura 33: Modelo bilineal idealizado por Castrans asumido por Medina.

Fuente: (Medina 2015)

5.3. Flexión de muros

Se aplicó el sistema de computación en el cálculo del diagrama momento curvatura de la sección de muro sin elementos de borde estudiada por (ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015) y se encontró muy buena asociación con los resultados

del autor como se muestra en la **Figura 34**. Se calculó que la rigidez a flexión aumenta de 11847 a 13167 T.m² en un 11%. La rigidez de post fluencia aumenta de 2 a 129 T.m² en 5076%. El porcentaje de rigidez efectiva aumenta de 0.19 a 0.21 en un 11% y la ductilidad local por curvatura disminuye de 27.48 a 22.43 en un -18%. Se muestra un resumen de estos resultados en la **Tabla 16**.

Se observa que existe relativa asociación entre ambas curvas, muy buena para el comportamiento elástico y mala para el comportamiento inelástico. Esto ocurre fundamentalmente porque el método de cálculo utilizado por (ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015) es el propuesto por Park, Paulay y Priestley que considera el confinamiento del concreto y un modelo elastoplastico perfecto para el comportamiento del acero, mientras que los modelos que empleo el sistema de computación no considera el confinamiento del concreto y si el aumento de la resistencia (modelo Trilineal) en la zona de endurecimiento del acero.

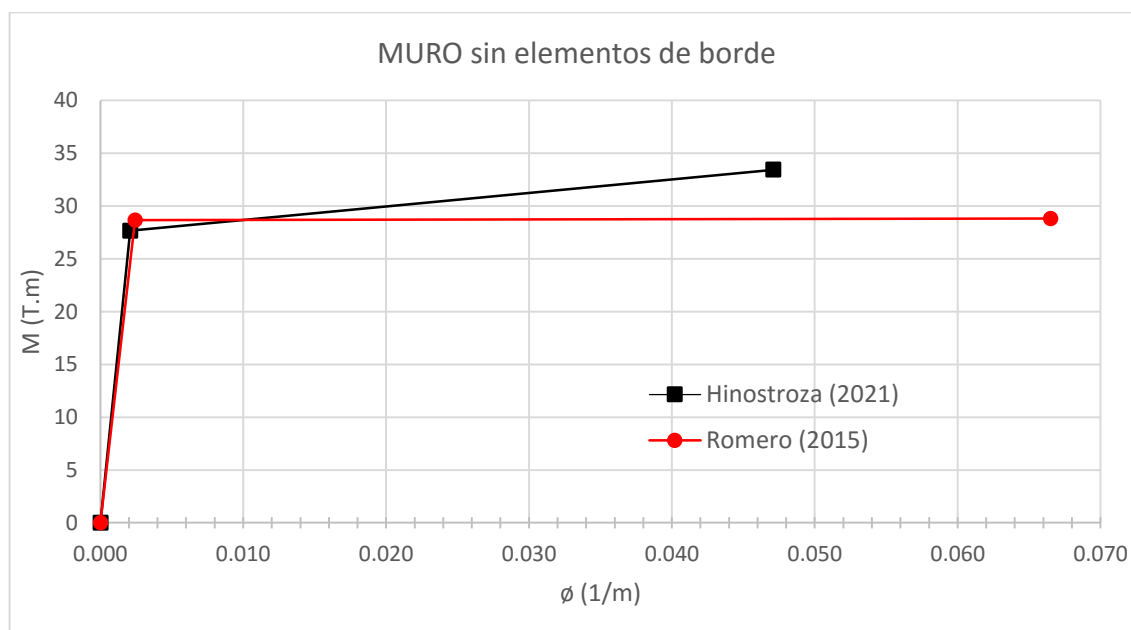


Figura 34: Diagramas momento curvatura para muro sin elementos de borde, Romero y la investigación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: *Resumen de la asociación de diagramas momento curvatura de muros sin elementos de borde, investigación y Romero.*

INDICADOR		Romero (2015)	Hinostroza (2021)	Diferencia (%)
Rigidez a flexión	Ele	11847	13167	11
Rigidez de post fluencia	Elp	2	129	5076
Porcentaje de rigidez efectiva	Ele/EI	0.19	0.21	11
Ductilidad local por curvatura	u_{ϕ}	27.48	22.43	-18

Fuente: Elaboración propia.

VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación se aplicó el sistema de computación para el cálculo y la evaluación de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado, consiguiendo la curva completa y su bilinialización. Se observó que al peraltar la sección en vigas la ductilidad por curvatura aumenta de 12.24 a 20.63 en un 68%. De igual manera al incrementar la cuantía de refuerzo longitudinal en columnas disminuye de 4.42 a 3.41 y 3.01. Y al colocar elementos de borde en muros disminuye de 22.43 a 13.09 en -42%.

Como se muestra en la **Tabla 7**, **Tabla 10** y **Tabla 13**. Esto indica que la aplicación del sistema de computación facilitó en el cálculo y en la evaluación de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado.

1. Luego del cálculo y la evaluación, aplicando el sistema de computación en flexión de las vigas, se determinó que, al peraltar la sección, la rigidez a flexión aumenta de 694 a 3375 T.m² en un 386%. La rigidez de post fluencia aumenta de 11 a 34 T.m² en 215%. El porcentaje de rigidez efectiva aumenta de 0.20 a 0.24 en un 22% y la ductilidad local por curvatura aumenta de 12.24 a 20.63 en un 68%, Como se observa en la **Tabla 7**. Esto indica que la aplicación del sistema de computación facilitó en el cálculo y en la evaluación, indica que las vigas peraltadas aumentan en rigidez a flexión, rigidez de post fluencia, porcentaje de rigidez efectiva y la ductilidad, en flexión de vigas de concreto armado, comprobándose de esta manera que el peralte de las vigas aumenta su capacidad a flexión.

2. Luego del cálculo y la evaluación, aplicando el sistema de computación en flexo compresión de las columnas, se determinó, al aumentar la cuantía de acero en 1%, 2% y 3%, la rigidez a flexión de la sección aumenta linealmente de 5714 a 7190 y 8733 T.m² respectivamente. De igual manera la rigidez de post fluencia aumenta linealmente de 134 a 228 y 328 T.m² y el porcentaje de rigidez efectiva aumenta linealmente de 0.50 a 0.64 y 0.77. Por el contrario, la ductilidad local por curvatura disminuye con tendencia a la horizontalidad de 4.42 a 3.41 y 3.01. Como se observa en la **Tabla 10** y **Figura 26**. Esto indica que la aplicación del sistema de computación facilitó en el cálculo y en la evaluación, indica que, al incrementar la cuantía de acero, aumenta la rigidez a flexión, rigidez de post fluencia y porcentaje de rigidez efectiva, por lado disminuye la ductilidad, en flexo compresión de

columnas de concreto armado, comprobándose de esta manera que, al aumentar la cuantía de acero en la columna, aumenta su capacidad a flexo compresión y disminuye la ductilidad.

3. Luego del cálculo y la evaluación, aplicando el sistema de computación en flexión de los muros, se determinó que, al colocar elemento de borde a la sección, la rigidez a flexión de la sección aumenta de 13167 a 15208 T.m² en un 16%. La rigidez de post fluencia aumenta de 129 a 271 T.m² en 111%. Por otro lado, el porcentaje de rigidez efectiva disminuye de 0.21 a 0.19 en -8% y la ductilidad local por curvatura disminuye de 22.43 a 13.09 en -42%. Se muestra un resumen en la **Tabla 13**. Esto indica que la aplicación del sistema de computación facilitó en el cálculo y en la evaluación, indica que al colocar elemento de borde aumenta la rigidez a flexión y la post fluencia, por otro lado, disminuye el porcentaje de rigidez efectiva y la ductilidad, en flexión de muros de concreto armado, comprobándose de esta manera que, al colocar elemento de borde aumenta su capacidad de flexión y disminuye la ductilidad.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se evaluó de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo de diagramas momento curvatura de vigas, obteniendo resultados semejantes a (RODRIGUEZ MORALES, 2015). Para mejorar el sistema de computación hay que comparar sus resultados con resultados de normas internacionales. Se recomienda incorporar los coeficientes a, b y c del ASCE 41 y el cálculo aproximado de Park (1985) que cuenta con un respaldo teórico y experimental del ensayo de 400 elementos de vigas y columnas de concreto armado (Aguiar, 2015, p.194).

2. Se evaluó de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo de diagramas momento curvatura de columnas, obteniendo resultados alejados de (MEDINA, 2015). Para rectificar el sistema de computación se recomienda incorporar al subprograma “compresión” los modelos basados en Popovics (1973). Entre estos tenemos el modelo de Mander et al. (1988) que es el más utilizado por software comerciales, que considera en sus ensayos columnas de dimensiones reales para conseguir una curva constitutiva del concreto confinado y no confinado (Palacios, 2020, p.5). Además, se recomienda incluir en el programa “mocurva1” el método de las fibras que considera la discretización de la sección en regiones más pequeñas, para obtener resultados más precisos que reflejen la realidad (Freire Navas, 2017), p.145.

3. Se evaluó de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo de diagramas momento curvatura de muros, obteniendo resultados semejantes a (ROMERO MARTINEZ, y otros, 2015). Para mejorar el sistema de computación, aparte de lo ya mencionado en columnas, se recomienda estudiar los efectos del flexo compresión biaxial en los diagramas momento curvatura de muros asimétricos en forma de T, L y C (Osses, 2015, p.9). Además de la influencia de los esfuerzos de corte en la flexión de la sección.

REFERENCIAS

1. **AGUIAR FALCONI, Roberto. 2015. ANALISIS SISMICO POR DESEMPEÑO.** Quito - Ecuador : CEINCI - ESPE, 2015.
2. **AGUIAR, Roberto; MORA, David; RODRIGUEZ, Michael. 2015.** Diagrama Momento - Curvatura y Momento Rotación para elementos de Hormigon Armado y Acero con ASCE/SEI 41 y Sistema de Computacion CEINCI-LAB. 2015, pág. 39.
3. **ALMADA, Delma V, BARCENA, Josué Noel y ENCISO, Mauricio. 2015.** Determinación y Análisis de la gráfica Momento. 2015, pág. 10.
4. **ÁLVAREZ, Ana Blanco., 2010.** Análisis comparativo de los modelos constitutivos del hormigón reforzado con fibras. *Hormigón y Acero.*,. 2010, pág. 83.
5. **ARIAS ODON, Fidias Gerardo. 2012. EL PROYECTO DE INVESTIGACION: Introduccion a la metodología Científica.** Sexta. Caracas : Episteme, 2012. pág. 138. Vol. VI.
6. **CALTRANS. 2004. Seismic Desig Criteria.** California : California Department of Transportation, 2004.
7. **CHANG TUKUSHIMA, Daniel Andrés. 2015. Estudio de relaciones Momento - Curvatura en secciones de Concreto Armado y Concreto Preesforzado sometidas a Flexión.** Escuela de Posgrado, Pontificia Universidad Catolica del Perú. Lima - Perú : s.n., 2015. Tesis para optar el grado de Magister.
8. **CHAVEZ TRIGOSO, J., y otros. 2013. Analisis Estatico no lineal de una estructura porticada esencial.** Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima - Perú : s.n., 2013. Diplomado de Ingenieria Civil.
9. **DE LEON MORGA, Marco Antonio. 2015. Ética en la Ingeniería Civil.** Tapachula : s.n., 2015. pág. 19.
10. **FAJARDO GALLIANI, Cesar Augusto Carmelo. 2012. Evaluacion estructural de una de las edificaciones del hospital Edgardo Rebagliati Martins usando el método del espectro de capacidad.** Universidad Nacional de Ingenieria. Lima - Perú : s.n., 2012. Tesis de grado.
11. **Freire Navas, Jose Carlos. 2017. “CÁLCULO DEL DIAGRAMA MOMENTO – CURVATURA POR EL.** Facultad de Ingenieria Civil y Mecanica, Universidad Tecnica de Ambato. Ambato - Ecuador : s.n., 2017. pág. 297, Tesis Pre grado.

12. **HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNANDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, Pilar. 2014.** *Metodología de la Investigación*. Colonia Desarrollo Santa Fe : s.n., 2014. Vol. VI.
13. **ÑIGUEZ ALVARADO, Marcelo, Rodríguez, Mario y Restrepo, José. 2015.** RESISTENCIA A FLEXOCOMPRESIÓN Y CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN LATERAL DE MUROS RECTANGULARES DE CONCRETO REFORZADO EN ZONAS SISMICAS. 2015, Vol. 1.
14. **KENT, D. C. y PARK, R. 1971.** Flexural members with confined concrete. ASCE Journal of the. 97-ST7. 1971.
15. **MANDER, J. 1984.** *Seismic design of bridge piers*. Department of Civil Engineering, University of Canterbury. New Zealand : s.n., 1984. Ph. D Thesis.
16. **MARINILLI, Angelo. 2009.** Análisis probabilístico simplificado de pórticos de concreto reforzado ante acciones sísmicas. *Boletín Técnico*,. 2009, Vol. 47, pág. 47.
17. **MATTOCK, Alan H., KRIZ, Ladislav B. y HOGNESTAD, Eivind. 1961.** Rectangular concrete stress distribution in ultimate strength design. 1961.
18. **MEDINA, Christian. 2015.** DESEMPEÑO DE SECCIONES DE HORMIGON ARMADO A FLEXO COMPRESION MEDIANTE EL ANALISIS DE LA RELACION MOMENTO - CURVATURA. 2015.
19. **MORA, David y AGUIAR, Roberto. 2015.** Modelación de digrama Momento-Curvatura y Momento-Rotación en secciones de acero Estructural. *Revista Ciencia*. 2015.
20. **NONTOL. 2016.** *Aplicaciones multimedia para el curso de mecánica estructural*. Pontificia Universidad Catolica del Perú. Lima - Perú : s.n., 2016. tesis de Maestria.
21. **Palacios Benavides, Patricio Xavier. 2017.** *Analisis de la Variacion de Ductilidad en Columnas Cadrangulares de Hormigon Armado debido a su comportamiento biaxial usando el digrama momento - curvatura*. Facultad de ingenieria civil y ambiental, Escuela Politecnica Nacional. Quito - Ecuador : s.n., 2017. pág. 351, titulo de ingeniero civil.
22. **PARK and PAULAY. 1975.** *Reinforced Concrete Structures*. New Zealand : s.n., 1975. pág. 783.
23. **PARK, R, PRIESTLEY, M y GILL, W. 1982.** *Ductitity of square confined Concrete Columns*. s.l. : Journal of Structural Division ASCE, 1982. pág. 950.

24. **POMA DE LA CRUZ, Jose Luis. 2018.** *Software educativo para la automatización del análisis no lineal estático pushover en Estructuras de Concreto Armado.* Pontificia Universidad Católica del Perú. LIMA - PERU : s.n., 2018. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Civil.
25. **R.N.E. 2020.** *NORMA E-060 Concreto Armado.* Lima : s.n., 2020.
26. **RNE. 2020.** *NORMA E-030 Diseño Sismorresistente.* Lima : s.n., 2020.
27. **RODRIGUEZ MORALES, Sergio. 2015.** Diagrama Momento - Curvatura para secciones de hormigón armado. Determinación del valor de ductilidad local de una sección de hormigón armado. Empleo del programa matlab en aplicaciones estructurales a nivel seccional (Parte II). *ANALES de Edificación.* 2015.
28. **ROMERO MARTINEZ, Heverth Fabian y QUIROGA BECERRA, Omar Andres. 2015.** *Obtención del diagrama momento - curvatura en muros de concreto reforzado.* Escuela de Ingenierías, Universidad Pontificia Bolivariana. Bucaramanga : s.n., 2015. pág. 116, Tesis de Pregrado.
29. **SANCHEZ TOMALA, Luis Antonio. 2018.** *AUTOMATIZACIÓN DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN DE COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO MEDIANTE EL USO DE MATLAB.* Universidad Estatal del Sur Manabí Ecuador. Manabí - Ecuador : s.n., 2018.
30. **SUPO, Jose. 2014.** *Como elegir una muestra.* Primera. Arequipa : BIOESTADISTICO EIRL, 2014. pág. 74. Vol. I. 1493718657.
31. **TUSA JUMBO, Eduardo; SANMARTÍN CUENCA, Hugo. 2015.** *Fundamentos de Programación para Ciencias e Ingeniería.* Machada : UTMACH, 2015.
32. **Uzcátegui CI, Angge. 2020.** *Sistemas Operativos I. Sistemas Operativos I.* 2020.
33. **VALDERRAMA MENDOZA, Santiago. 2015.** *Pasos Para elaborar Proyectos de Investigación Científica.* Quinta. Lima : San Marcos E.I.R.L., 2015. pág. 469. Vol. V.
34. **VARA HORNA, Aristides Alfredo. 2015.** *7 pasos para una tesis exitosa desde la idea inicial hasta la sustentación.* tercera. Lima : s.n., 2015. pág. 451. Vol. III.
35. **WHITNEY, C. 1942.** *plastic theory of Reinforced Concrete Design.* s.l. : Proceeding ASCE, 1942. Vol. 107.

ANEXOS

Anexo N° 1. Matriz de Consistencia

TÍTULO: “Desarrollo de Sistema de Computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de Concreto Armado en Huancayo, 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR
<u>PROBLEMA GENERAL</u> ¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación contribuye en el cálculo y evaluación de diagramas momento curvatura de elementos de concreto armado en Huancayo, 2021?	<u>OBJETIVO GENERAL</u> Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y evaluación de diagramas momento curvatura de elementos de concreto armado en Huancayo, 2021.	<u>HIPOTESIS GENERAL</u> La aplicación del Sistema de Computación facilitara el cálculo y evaluación de diagramas momento curvatura de elementos de concreto armado en Huancayo, 2021.	Variable Independiente (X): SISTEMA DE COMPUTACIÓN	Algoritmo Modelo constitutivo del concreto Modelo constitutivo del acero Diagrama momento curvatura Diagrama fuerza desplazamiento	Diagrama momento curvatura Diagrama fuerza desplazamiento Modelos del material Modelo de Kent y Park Modelo de Mander Modelo de trilineal Modelo de Park y Paulay Momento actuante Curvatura Fuerza cortante Desplazamiento
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICA	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR
¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas?	Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas.	La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de la flexión de vigas.	Variable Dependiente (Y): DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA DE SECCIONES DE CONCRETO ARMADO	Flexión de Vigas	Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas?	Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas.	La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de la flexo compresión de columnas.		Flexo compresión de columnas	Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
¿De qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexión de muros?	Evaluar de qué manera la aplicación del Sistema de Computación influye en el cálculo y la evaluación de la flexión de muros.	La aplicación del Sistema de Computación facilitará el cálculo y la evaluación de la flexión de muros.		Flexión de Muros	Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.

Anexo N° 2. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (X): SISTEMA DE COMPUTACIÓN	Según (UZCÁTEGUI CI, 2020), el sistema de computación que a través de una plataforma digital colabora con el proceso facilitando la adquisición de conocimientos y la investigación.	El sistema de computación estará diseñado con el lenguaje de programación de Matlab. Estará compuesto por la función, la cabecera, las entradas, las instrucciones y las salidas.	Algoritmo	Diagrama Momento Curvatura
				Diagrama Fuerza Desplazamiento
				Modelos del Material
			Modelo constitutivo del concreto	Modelo Kent y Park
				Modelo Mander
			Modelo constitutivo del acero	Modelo de Trilineal
				Modelo de Park y Paulay
			Diagrama momento curvatura	Momento actuante
				Curvatura
VARIABLE DEPENDIENTE (Y): DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA DE SECCIONES DE CONCRETO ARMADO	según (ALMADA, y otros, 2015) El diagrama momento curvatura nos facilita los puntos de momento resistente interno y su curvatura, el diagrama momento curvatura nos ayuda analizar la influencia del acero en compresión antes y después del agrietamiento, así como después de la fluencia del acero hasta llegar a la falla del elemento. (p. 01)	Los diagramas momento curvatura representan el comportamiento a flexión de un elemento de concreto armado. El comportamiento es distinto dependiendo de la función del elemento. Entre estos tenemos las vigas, columnas y Muros.	Vigas	Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
				Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
				Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
			Columnas	Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
				Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
				Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.
			Muros	Rigidez a flexión. Rigidez de post fluencia. Porcentaje de rigidez efectiva. Ductilidad local por curvatura.

Anexo N° 3. Ficha de recolección de datos VIGA 1.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinostroza Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: **Viga1** Carga axial: **no** Forma: **Rectangular**
 Elemento: **Viga** Estribo: **si**

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	60	cm
Ancho de la sección (b):	30	cm
Carga axial (Po):	0	Kg
Recubrimiento (r):	0	cm
Diametro del estribo (ϕ):	0	cm
Espaciamiento del estribo (s):	0	cm

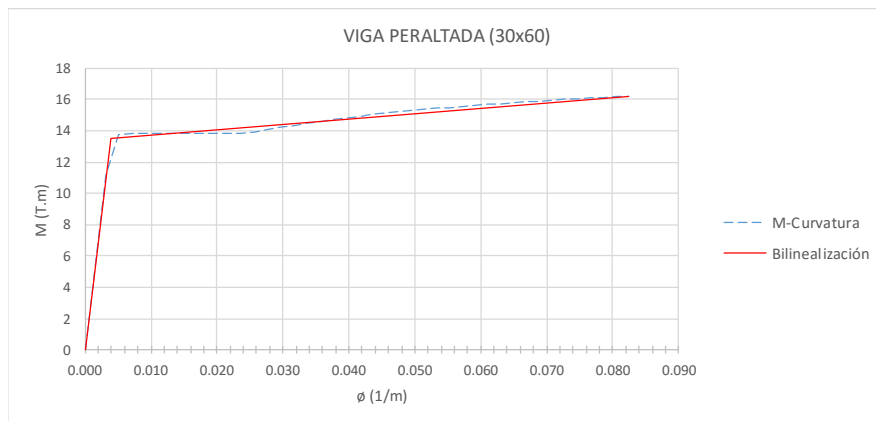
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f_c):	306	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ϵ_o):	0.002	Adim
Modulo de elasticidad (E):	262392.835	Kg/cm ²

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f_y):	4283	Kg/cm ²
Esfuerzo ultimo (f_{su}):	5303	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ϵ_y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ϵ_{sh}):	0.0125	Adim
Deformación de rotura (ϵ_{su}):	0.10	Adim
Módulo de elasticidad (Es):	2141500	Kg/cm ²

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	As (cm ²)	d (cm)
1	6.03	5
2	6.03	55
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ϕ (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0031	11.1248
0.0050	13.7885
0.0074	13.7920
0.0098	13.7967
0.0122	13.8000
0.0145	13.8037
0.0168	13.8062
0.0190	13.8077
0.0213	13.8100
0.0236	13.8136
0.0257	13.9018
0.0277	14.0586
0.0297	14.2048
0.0317	14.3422
0.0337	14.4725
0.0356	14.5916
0.0376	14.7059
0.0396	14.8165
0.0415	14.9133
0.0435	15.0079
0.0455	15.1009
0.0474	15.1876
0.0494	15.2682
0.0513	15.3432
0.0532	15.4188
0.0552	15.4895
0.0571	15.5558
0.0591	15.6179
0.0611	15.6818
0.0630	15.7363
0.0649	15.7931
0.0669	15.8467
0.0688	15.8972
0.0708	15.9449
0.0727	15.9898
0.0746	16.0321
0.0766	16.0779
0.0785	16.1154
0.0805	16.1567
0.0825	16.1960

SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0040	13.50
Rotura	0.0825	16.20

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0054	m ⁴
Rigidez a flexión (Ele):	3375	T.m ²
Rigidez de post fluencia (Elp):	34	T.m ²
Porcentaje de rigidez efectiva (Ele/EI):	0.24	Adim.
Ductilidad local por curvatura (μ_ϕ):	20.63	Adim.

Anexo N° 4. Ficha de recolección de datos VIGA 2.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinostrero Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: **Viga2** Carga axial: **no** Forma: **Rectangular**
Elemento: **Viga** Estribo: **no**

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	30	cm
Ancho de la sección (b):	60	cm
Carga axial (Po):	0	Kg
Recubrimiento (r):	0	cm
Díametro del estribo (ø):	0	cm
Espaciamiento del estribo (s):	0	cm

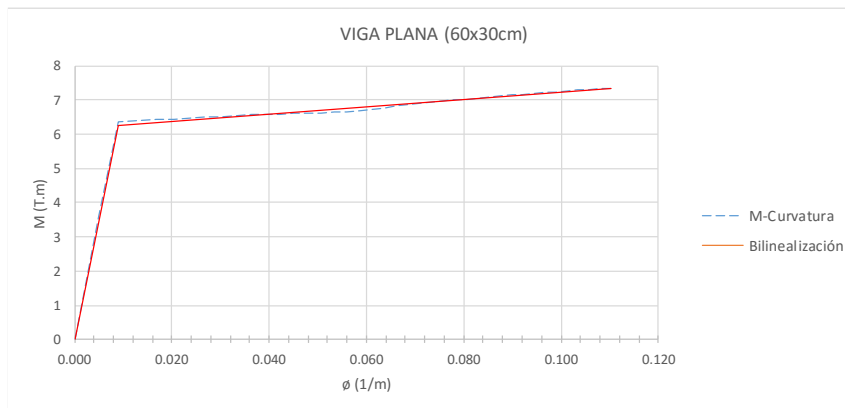
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'c):	306	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ε ₀):	0.002	Adim
Módulo de elasticidad (E):	262392.835	Kg/cm ²

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f _y):	4283	Kg/cm ²
Esfuerzo último (f _{su}):	5303	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ε _y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ε _{sh}):	0.0125	Adim
Deformación de rotura (ε _{su}):	0.10	Adim
Módulo de elasticidad (E _s):	2141500	Kg/cm ²

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	As (cm ²)	d (cm)
1	6.03	5
2	6.03	25
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ø (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0050	3.5839
0.0091	6.3501
0.0130	6.3881
0.0168	6.4217
0.0203	6.4516
0.0238	6.4800
0.0270	6.5023
0.0302	6.5222
0.0333	6.5443
0.0364	6.5624
0.0393	6.5767
0.0422	6.5914
0.0451	6.6071
0.0479	6.6200
0.0506	6.6304
0.0533	6.6427
0.0560	6.6529
0.0586	6.6916
0.0611	6.7329
0.0636	6.7765
0.0660	6.8159
0.0685	6.8584
0.0710	6.8974
0.0734	6.9330
0.0758	6.9654
0.0781	6.9948
0.0805	7.0288
0.0828	7.0602
0.0852	7.0891
0.0875	7.1157
0.0899	7.1478
0.0921	7.1699
0.0944	7.1979
0.0967	7.2241
0.0989	7.2402
0.1013	7.2710
0.1035	7.2918
0.1057	7.3111
0.1079	7.3287
0.1102	7.3534

SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0090	6.25
Rotura	0.1102	7.3534

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0014	m ⁴
Rigidez a flexión (Ele):	694	T.m ²
Rigidez de post fluencia (EIp):	11	T.m ²
Porcentaje de rigidez efectiva (Ele/EI):	0.20	Adim.
Ductilidad local por curvatura (uø):	12.24	Adim.

Anexo N° 5. Ficha de recolección de datos COLUMNA 1.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinostroza Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: Co1 Carga axial: si Forma: Rectangular
Elemento: Columna Estribo: si

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	50	cm
Ancho de la sección (b):	50	cm
Carga axial (Po):	-101972	Kg
Recubrimiento (r):	3	cm
Diametro del estribo (ø):	1	cm
Espaciamiento del estribo (s):	25	cm

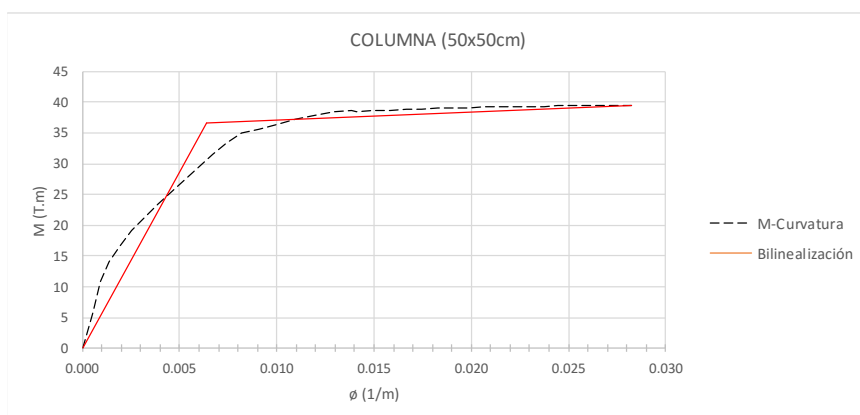
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'c):	210	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (Eo):	0.002	Adim
Modulo de elasticidad (E):	217370.651	Kg/cm ²

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (fy):	4200	Kg/cm ²
Esfuerzo ultimo (fsu):	6300	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (Ey):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (Esh):	0.008	Adim
Deformación de rotura (Esu):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (Es):	2100000	Kg/cm ²

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	As (cm ²)	d (cm)
1	7.70	3
2	3.08	15
3	3.08	25
4	3.08	35
5	7.70	47
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ø (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0000	0.0000
0.0000	0.0000
0.0005	5.8074
0.0009	10.7548
0.0014	14.0710
0.0019	16.7194
0.0025	19.0732
0.0032	21.2792
0.0039	23.4100
0.0046	25.4858
0.0053	27.5239
0.0060	29.5193
0.0067	31.4890
0.0074	33.4115
0.0082	34.8976
0.0091	35.6907
0.0100	36.4534
0.0110	37.1821
0.0119	37.8949
0.0129	38.4176
0.0138	38.6243
0.0141	38.4166
0.0150	38.5541
0.0158	38.6751
0.0167	38.7807
0.0175	38.8735
0.0183	38.9567
0.0191	39.0348
0.0199	39.0970
0.0207	39.1566
0.0214	39.2119
0.0222	39.2610
0.0230	39.3023
0.0237	39.3432
0.0245	39.3736
0.0252	39.4106
0.0259	39.4279
0.0267	39.4047
0.0275	39.4383
0.0282	39.4707

SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0064	36.54
Rotura	0.0282	39.47

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0052	m ⁴
Rigidez a flexión (Eie):	5714	T.m ²
Rigidez de post fluencia (Eip):	134	T.m ²
Porcentaje de rigidez efectiva (Eie/Ei):	0.50	Adim.
Ductilidad local por curvatura (uø):	4.42	Adim.

Anexo N° 6. Ficha de recolección de datos COLUMNA 2.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinojosa Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: Co2 Carga axial: si Forma: Rectangular
Elemento: Columna Estribo: si

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	50	cm
Ancho de la sección (b):	50	cm
Carga axial (Po):	-101972	Kg
Recubrimiento (r):	3	cm
Diametro del estribo (ø):	1	cm
Espaciamento del estribo (s):	25	cm

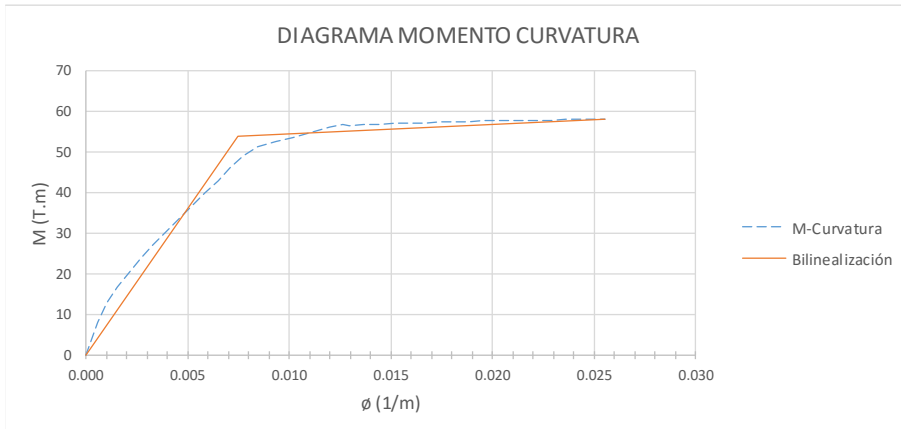
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'c):	210	Kg/cm2
Deformación asociada a la resistencia (εo):	0.002	Adim
Modulo de elasticidad (E):	217370.651	Kg/cm2

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (fy):	4200	Kg/cm2
Esfuerzo ultimo (fsu):	6300	Kg/cm2
Deformación de fluencia (εy):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (Esh):	0.008	Adim
Deformación de rotura (Esu):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (Es):	2100000	Kg/cm2

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	As (cm2)	d (cm)
1	15.71	3
2	6.28	15
3	6.28	25
4	6.28	35
5	15.71	47
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ø (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0000	0.0000
0.0000	0.0000
0.0006	7.9950
0.0010	12.9750
0.0015	16.8332
0.0021	20.3395
0.0027	23.7125
0.0033	27.0227
0.0039	30.2989
0.0046	33.5212
0.0052	36.7176
0.0058	39.8481
0.0065	42.9420
0.0071	45.9582
0.0077	48.9273
0.0085	51.1394
0.0093	52.3991
0.0102	53.6360
0.0111	54.8451
0.0120	56.0153
0.0127	56.6128
0.0130	56.3516
0.0137	56.6587
0.0144	56.8202
0.0152	56.9626
0.0159	57.0886
0.0167	57.2022
0.0174	57.3092
0.0181	57.3950
0.0188	57.4772
0.0195	57.5533
0.0202	57.6209
0.0209	57.6895
0.0216	57.7455
0.0222	57.7867
0.0229	57.8366
0.0236	57.8818
0.0242	57.9077
0.0249	57.9396
0.0255	57.9772

SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0075	53.85
Rotura	0.0255	57.98

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0052	m4
Rigidez a flexión (Ele):	7190	T.m2
Rigidez de post fluencia (Elp):	228	T.m2
Porcentaje de rigidez efectiva (Ele/EI):	0.64	Adim.
Ductilidad local por curvatura (uø):	3.41	Adim.

Anexo N° 7. Ficha de recolección de datos COLUMNA 3.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinojosa Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: Co3 Carga axial: si Forma: Rectangular
Elemento: Columna Estribo: si

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	50	cm
Ancho de la sección (b):	50	cm
Carga axial (Po):	-101972	Kg
Recubrimiento (r):	3	cm
Diametro del estribo (ø):	1	cm
Espaciamento del estribo (s):	25	cm

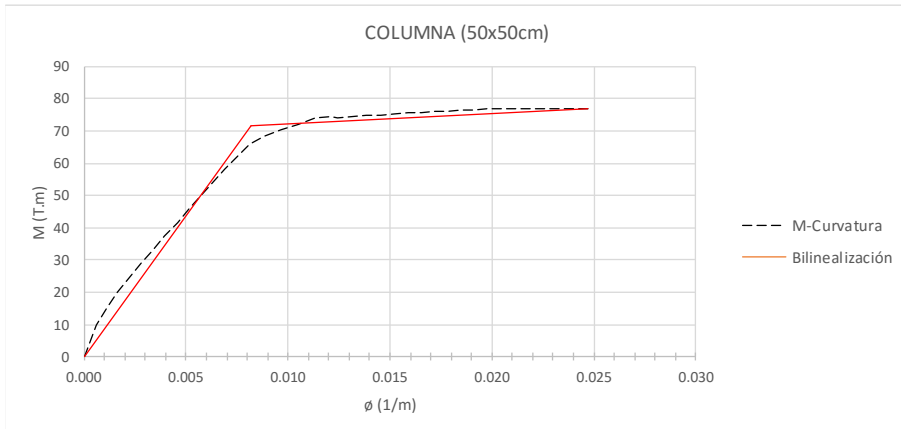
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'c):	210	Kg/cm2
Deformación asociada a la resistencia (εo):	0.002	Adim
Modulo de elasticidad (E):	217370.651	Kg/cm2

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (fy):	4200	Kg/cm2
Esfuerzo ultimo (fsu):	6300	Kg/cm2
Deformación de fluencia (εy):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (Esh):	0.008	Adim
Deformación de rotura (Esu):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (Es):	2100000	Kg/cm2

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	As (cm2)	d (cm)
1	22.81	3
2	7.60	11.8
3	7.60	20.6
4	7.60	29.4
5	7.60	38.2
6	22.81	47
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ø (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0000	0.0000
0.0000	0.0000
0.0006	9.9845
0.0011	15.3006
0.0016	19.9239
0.0022	24.3802
0.0028	28.7737
0.0034	33.1352
0.0040	37.4539
0.0046	41.7115
0.0052	45.9281
0.0058	50.0616
0.0063	54.1490
0.0069	58.1423
0.0075	62.0821
0.0081	65.9238
0.0089	68.2993
0.0097	70.1730
0.0105	72.0145
0.0113	73.8201
0.0121	74.2932
0.0124	74.0328
0.0131	74.3701
0.0138	74.6837
0.0145	74.9763
0.0152	75.2387
0.0159	75.4914
0.0165	75.7287
0.0172	75.9452
0.0179	76.1517
0.0185	76.3612
0.0191	76.5373
0.0198	76.7279
0.0204	76.8964
0.0211	76.9412
0.0218	76.9501
0.0225	76.9612
0.0233	76.9733
0.0240	76.9854
0.0247	76.9847

SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0082	71.58
Rotura	0.0247	76.98

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0052	m4
Rigidez a flexión (Ele):	8733	T.m2
Rigidez de post fluencia (Elp):	328	T.m2
Porcentaje de rigidez efectiva (Ele/El):	0.77	Adim.
Ductilidad local por curvatura (uø):	3.01	Adim.

Anexo N° 8. Ficha de recolección de datos MURO 1 o PLACA 1.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinostroza Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: pl1 Carga axial: si Forma: Rectangular
Elemento: placa Estribo: si

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	120	cm
Ancho de la sección (b):	20	cm
Carga axial (Po):	0	Kg
Recubrimiento (r):	5	cm
Díametro del estribo (ø):	0	cm
Espaciamiento del estribo (s):	0	cm

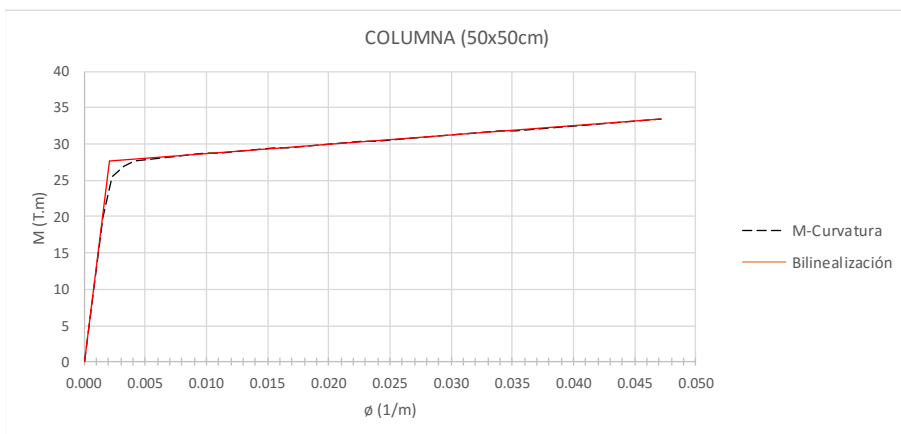
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'c):	211.08	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ε ₀):	0.002	Adim
Módulo de elasticidad (E):	218046.728	Kg/cm ²

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f _y):	4219.49939	Kg/cm ²
Esfuerzo último (f _{su}):	6329.24908	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ε _y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ε _{sh}):	0.008	Adim
Deformación de rotura (ε _{su}):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (E _s):	2039440	Kg/cm ²

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	As (cm ²)	d (cm)
1	3.96	5
2	1.42	32.5
3	1.42	60
4	1.42	87.5
5	3.96	115
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ø (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0015	19.9039
0.0023	25.5880
0.0032	26.8966
0.0041	27.6365
0.0051	27.8101
0.0060	27.9808
0.0070	28.1493
0.0079	28.3433
0.0089	28.5886
0.0099	28.7096
0.0110	28.8374
0.0121	28.9734
0.0133	29.1099
0.0144	29.2466
0.0155	29.3859
0.0167	29.5326
0.0179	29.6822
0.0190	29.8343
0.0202	29.9860
0.0214	30.1401
0.0226	30.2966
0.0239	30.4523
0.0251	30.6102
0.0263	30.7670
0.0276	30.9260
0.0288	31.0871
0.0301	31.2505
0.0314	31.4121
0.0327	31.5757
0.0340	31.7376
0.0352	31.9040
0.0366	32.0722
0.0379	32.2425
0.0392	32.4098
0.0405	32.5788
0.0418	32.7496
0.0431	32.9221
0.0445	33.0910
0.0458	33.2614
0.0471	33.4334

SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0021	27.65
Rotura	0.0471	33.43

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0288	m ⁴
Rigidez a flexión (E _I):	13167	T.m ²
Rigidez de post fluencia (E _I p):	129	T.m ²
Porcentaje de rigidez efectiva (E _I /E _I):	0.21	Adim.
Ductilidad local por curvatura (u _ø):	22.43	Adim.

Anexo N° 9. Ficha de recolección de datos MURO 2 o PLACA 2.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

TÍTULO: Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021.

INVESTIGADOR: Saul Elvis Hinostroza Llanto UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

Sección: **pl2** Carga axial: **si** Forma: **Rectangular**
Elemento: **placa** Estribo: **si**

ENTRADA

CARACTERÍSTICAS DE LA SECCIÓN		
Peralte de la sección h (cm):	120	cm
Ancho de la sección (b):	25	cm
Carga axial (Po):	0	Kg
Recubrimiento (r):	5	cm
Díametro del estribo (ø):	0.95	cm
Espaciamiento del estribo (s):	20	cm

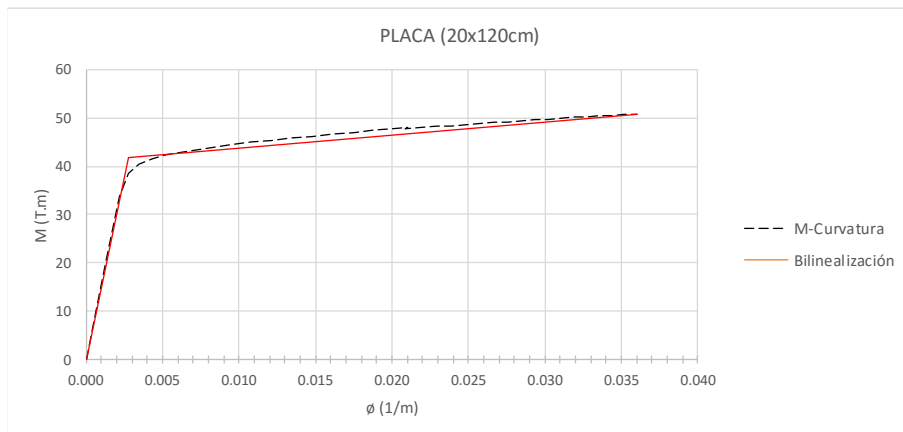
PROPIEDADES DEL CONCRETO		
Resistencia a compresión (f'c):	211.08	Kg/cm ²
Deformación asociada a la resistencia (ε ₀):	0.002	Adim
Módulo de elasticidad (E):	218046.728	Kg/cm ²

PROPIEDADES DEL ACERO		
Esfuerzo de fluencia (f _y):	4219.49939	Kg/cm ²
Esfuerzo último (f _{su}):	6329.24908	Kg/cm ²
Deformación de fluencia (ε _y):	0.002	Adim
Deformación inicial de endurecimiento (ε _{sh}):	0.008	Adim
Deformación de rotura (ε _{su}):	0.11	Adim
Módulo de elasticidad (E _s):	2039440	Kg/cm ²

DISTRIBUCIÓN DEL ACERO		
# Capa	A _s (cm ²)	d (cm)
1	3.96	5
2	3.96	20
3	1.42	38
4	1.42	60
5	1.42	83
6	3.96	100
7	3.96	115
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

PUNTOS	
ø (1/m)	M (T.m)
0.0000	0.0000
0.0005	6.9996
0.0009	13.8618
0.0013	20.6115
0.0018	27.2437
0.0022	33.7489
0.0027	38.4786
0.0035	40.4007
0.0043	41.4240
0.0052	42.4394
0.0062	42.9644
0.0073	43.4315
0.0085	43.8956
0.0096	44.4366
0.0108	44.9295
0.0121	45.3350
0.0134	45.7553
0.0148	46.1719
0.0161	46.5845
0.0175	46.9921
0.0188	47.4026
0.0200	47.7029
0.0211	47.9915
0.0229	48.1757
0.0239	48.3943
0.0248	48.6042
0.0257	48.8108
0.0267	49.0057
0.0276	49.1953
0.0285	49.3786
0.0293	49.5549
0.0302	49.7234
0.0311	49.8921
0.0319	50.0607
0.0328	50.2204
0.0336	50.3704
0.0344	50.5195
0.0352	50.6676
0.0360	50.8146


SALIDA



Puntos	Curvatura	Momento
Inicio	0.0000	0.00
Fluencia	0.0027	41.81
Rotura	0.0360	50.81

INDICADORES		
Momento de inercia (I):	0.0360	m ⁴
Rigidez a flexión (E _I):	15208	T.m ²
Rigidez de post fluencia (E _I p):	271	T.m ²
Porcentaje de rigidez efectiva (E _I e/E _I):	0.19	Adim.
Ductilidad local por curvatura (uø):	13.09	Adim.

Anexo N° 10. Ficha de validación de datos, PRIMER EXPERTO.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						PUNTUACIÓN
PROYECTO:	"Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021"					
POR:	SAUL ELVIS HINOSTROZA LLANTO					
INFORMACION GENERAL						Fecha
SECCION		CARGA AXIAL		FORMA		04/04/2021
ELEMENTO		ESTRIBO				
CARACTERISTICAS DE LA SECCION						0-0.20
Peralte de la sección h (cm):						0,20
Ancho de la sección (b):						
Carga axial (Po):						
Recubrimiento (r):						
Diametro del estribo (ø):						
Espaciamiento del estribo (s):						
PROPIEDADES DEL CONCRETO						0-0.20
Resistencia a compresión (f'c):						0,20
Deformación asociada a la resistencia (Eo):						
Modulo de elasticidad (E):						
PROPIEDADES DEL ACERO						0-0.20
Esfuerzo de fluencia (fy):						0,20
Esfuerzo ultimo (fsu):						
Deformación de fluencia (Ey):						
Deformación inicial de endurecimiento (Esh):						
Deformación de rotura (Esu):						
Módulo de elasticidad (Es):						
DISTRIBUCIÓN DEL ACERO						0-0.20
Cuantía de acero por capas						0,20
Apellidos y Nombres		De la Calle Vega Paolo Renzo				 Firma y Sello del experto
Registro CIP N°		154396				
Profesion		Ingeniero Civil				
correo		pde.la.calle.v@gmail.com				
celular		998501029				




DE LA CALLE VEGA PAOLO RENZO
ING. CIVIL
CIP. 154396

Anexo N° 11. Ficha de validación de datos, SEGUNDO EXPERTO.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						PUNTUACIÓN
PROYECTO:	"Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021"					
POR:	SAUL ELVIS HINOSTROZA LLANTO					
INFORMACION GENERAL						Fecha
SECCION		CARGA AXIAL		FORMA		04/04/2021
ELEMENTO		ESTRIBO				
CARACTERISTICAS DE LA SECCION						0-0.20
Peralte de la sección h (cm):						0.20
Ancho de la sección (b):						
Carga axial (Po):						
Recubrimiento (r):						
Diametro del estribo (ø):						
Espaciamiento del estribo (s):						
PROPIEDADES DEL CONCRETO						0-0.20
Resistencia a compresión (f'c):						0.20
Deformación asociada a la resistencia (Eo):						
Modulo de elasticidad (E):						
PROPIEDADES DEL ACERO						0-0.20
Esfuerzo de fluencia (fy):						0.20
Esfuerzo ultimo (fsu):						
Deformación de fluencia (Ey):						
Deformación inicial de endurecimiento (Esh):						
Deformación de rotura (Esu):						
Módulo de elasticidad (Es):						
DISTRIBUCIÓN DEL ACERO						0-0.20
Cuantía de acero por capas						0.20
Apellidos y Nombres	BEJARANO DOLORIER KAYSON AQUILES					 Firma y Sello del experto
Registro CIP N°	96455					
Profesion	INGENIERO CIVIL					
correo	kaysonbd@hotmail.com					
celular	964849229					

Anexo N° 12. Ficha de validación de datos, TERCER EXPERTO.

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS						PUNTUACIÓN
PROYECTO:	"Desarrollo de sistema de computación para el cálculo de diagramas momento curvatura de secciones de concreto armado en Huancayo, 2021"					
POR:	SAUL ELVIS HINOSTROZA LLANTO					
INFORMACION GENERAL						Fecha
SECCION		CARGA AXIAL		FORMA		04/04/2021
ELEMENTO		ESTRIBO				
CARACTERÍSTICAS DE LA SECCION						0-0.20
Peralte de la sección h (cm):						0.20
Ancho de la sección (b):						
Carga axial (Po):						
Recubrimiento (r):						
Diametro del estribo (ϕ):						
Espaciamiento del estribo (s):						
PROPIEDADES DEL CONCRETO						0-0.20
Resistencia a compresión (f'_c):						0.20
Deformación asociada a la resistencia (ϵ_o):						
Modulo de elasticidad (E):						
PROPIEDADES DEL ACERO						0-0.20
Esfuerzo de fluencia (f_y):						0.20
Esfuerzo ultimo (f_{su}):						
Deformación de fluencia (ϵ_y):						
Deformación inicial de endurecimiento (ϵ_{sh}):						
Deformación de rotura (ϵ_{su}):						
Módulo de elasticidad (Es):						
DISTRIBUCIÓN DEL ACERO						0-0.20
Cuantía de acero por capas						0.20
Apellidos y Nombres	CONTRERAS MATEO GEOFFREY BENJUS					 INGENIERO CIVIL CIP N° 116363 Firma y Sello del experto
Registro CIP N°	116363					
Profesion	INGENIERO CIVIL					
correo						
celular						

Anexo N° 13. Programa MOCURVA1.

```

1  function [R,r3,r8,n]=mocurval()
2  %-----
3  % Programa principal para el calculo de diagramas momento curvatura, rigidez
4  % y ductilidad local de secciones rectangulares, en L y en I de concreto
5  % armado para vigas, columnas y muros de corte.
6  %
7  % Por: Saul Elvis Hinojosa LLanto.
8  % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
9  % 25/02/2021
10 %-----
11 % [R,r3,r8,n]=mocurval()
12 %-----
13 % DATOS DE ENTRADA
14 %
15 % RESULTADOS
16 % R = Devuelve ec, es, fs, T, C, suma, c, fi y M en una matriz.
17 % r2 = Vector con el cambio de esfuerzos del acero (Kg/cm2)
18 % r8 = matriz con los momentos y la curvatura (1/m,mm)
19 % n = Número de capas de refuerzo
20 %-----
21 clear
22 clc
23 % 1. IMPORTAMOS LOS DATOS DE LA SECCIÓN (Para octave no olvidar pkg load io)
24 datos=input('Ingrese el archivo de datos: ');
25 % Propiedades de la sección
26 h=xlread(datos,'E9:E9')
27 b=xlread(datos,'E10:E10')
28 fo=xlread(datos,'E11:E11')
29 r=xlread(datos,'E12:E12')
30 fi=xlread(datos,'E13:E13')
31 s=xlread(datos,'E14:E14')
32 % Propiedades del concreto
33 fc=xlread(datos,'E17:E17')
34 eo=xlread(datos,'E18:E18')
35 E=xlread(datos,'E19:E19')
36 % Propiedades del acero
37 fy=xlread(datos,'E22:E22')
38 fsu=xlread(datos,'E23:E23')
39 ey=xlread(datos,'E24:E24')
40 esh=xlread(datos,'E25:E25')
41 esu=xlread(datos,'E26:E26')
42 Es=xlread(datos,'E27:E27')
43 % 2. DISTRIBUCIÓN DE LA ARMADURA
44 % Se construye un vector fila con el area de acero
45 As=xlread(datos,'I10:I29')
46 % Se construye un vector fila con la posición del acero
47 d=xlread(datos,'J10:J29')
48 % Se cuenta el numero de capas de acero
49 n=numel(As);
50 % 3. SE ESCOGE EL MODELO CONSTITUTIVO DEL ACERO
51 disp('¿Que modelo constitutivo utilizara para el ACERO?');
52 disp('Opción (1): Modelo Trilineal');
53 disp('Opción (2): Modelo Park y Paulay');
54 modelo_acero=input('Eligo la opción: ');
55 % 4. SE ESCOGE EL MODELO CONSTITUTIVO DEL CONCRETO
56 disp('¿Que modelo constitutivo utilizara para el CONCRETO?');
57 disp('Opción (1): Modelo bloque rectangular de Whitney');
58 disp('Opción (2): Modelo de Kent y Park (concreto no confinado)');
59 disp('Opción (3): Modelo de Kent y Park (concreto confinado)');
60 disp('Opción (4): Modelo de Park et al.(concreto confinado)');
61 modelo_concreto=input('Eligo la opción: ');
62 % 5. APROXIMACIÓN SUCESIVA A LA POSICIÓN (C) EN EQUILIBRIO PARA DEFORMACIONES
63 % (ec) EN EL RANGO 0.0001 A 0.0040
64 %-----
65 cinicial=input('Ingrese la posición inicial del eje neutro: ');
66 for j=0:40
67     ec=j/10000;
68     c=cinicial; % Posición inicial del eje neutro
69     suma=30; % Precisión +-30
70 %-----

```

```

71         while suma>=30
72     %         Creamos un vector fila con las deformaciones del acero
73         switch modelo_concreto
74             case 1
75                 es=(d-c)*ec/c;
76             case 2
77                 es=(d-c)*ec/c;
78             case 3
79                 es=(d-c)*ec/(c-r);
80             otherwise
81                 es=(d-c)*ec/(c-r);
82         endswitch
83     %         Creamos un vector fila con los esfuerzos del acero
84     for i=1:n
85         if abs(es(i))<=ey
86             fs(i)=(fy/ey)*es(i);
87         else
88             if abs(es(i))<=esh
89                 if es(i)>0
90                     fs(i)=fy;
91                 else
92                     fs(i)=-fy;
93                 endif
94             else
95                 fs(i)=plastificacion(modelo_acero,es(i),fy,fau,esh,esu);
96             endif
97         endif
98     endfor
99     %         Creamos un vector fila con las tensiones del acero
100    T= As.*fs;
101    %         Compresión del concreto
102    [C,MC]=compresion(modelo_concreto,ec,c,fc,es,b,h,r,fy,fi,s);
103    %         Equilibrio y nueva posición del eje neutro (c)
104    suma=sum(T)-C-Po;
105    c=c+0.005;
106    endwhile
107    %-----
108    %         Calculo del momento(M)
109    MT=T.*d; % Kgcm
110    M=(sum(MT)-MC-Po*h/2)*10^-5; % Tm
111    %         Calculo de la curvatura (fi)
112    switch modelo_concreto
113        case 1
114            fi=ec*100/c; % 1/m
115        case 2
116            fi=ec*100/c; %
117        case 3
118            fi=ec*100/(c-r);
119        otherwise
120            fi=ec*100/(c-r);
121    endswitch
122    %         Organizamos la información ec, es, fs, T, C, suma, c, fi y M en matrices
123    r1(j+1,:)=ec;
124    r2(j+1,:)=es;
125    r3(j+1,:)=fs;
126    r4(j+1,:)=T;
127    r5(j+1,:)=C;
128    r6(j+1,:)=suma;
129    r7(j+1,:)=c;
130    r8(j+1,:)=[fi,M];
131    endfor
132    %-----
133    B=[r1,r2,r3,r4,r5,r6,r7,r8];
134    % 6. DIAGRAMACIÓN
135    hold on % Sobreescribe
136    plot(r8(:,1),r8(:,2),'-o')
137    title('DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA (Sección Rectangular)')
138    xlabel('fi (1/m)')
139    ylabel('M (T.m)')
140    grid on

```


Anexo N° 14. Programa COMPRESIÓN.

```

1 function [C,MC]=compresion(modelo_concreto,ec,c,fc,ec,b,h,r,fy,fi,s)
2 %-----
3 % El programa "compresion" es complemento del programa "scurvatura".
4 % Calcula la compresión del concreto y su aporte a la flexión de acuerdo a la
5 % deformación que sufre el concreto en la fibra extrema superior de la sección.
6 %
7 % Por: Saul Elvis Hinojosa Llanto.
8 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
9 % 25/02/2021
10 %-----
11 % [C,MC]=compresion(modelo_concreto,ec,c,fc,ec,b,h,r,fy,fi,s)
12 %-----
13 % DATOS DE ENTRADA
14 % modelo_concreto = Modelo constitutivo que se ha elegido para el concreto
15 % ec = Deformación unitaria del concreto (Adimensional)
16 % c = Posición del eje neutro(cm)
17 % fc = Resistencia del concreto (Kg/cm2)
18 % eo = Deformación asociado a la resistencia
19 % b = Ancho de la sección (cm)
20 % h = Peralte de la sección (cm)
21 % r = Recubrimiento (cm)
22 % fy = Esfuerzo de fluencia del estribo (Kg/cm2)
23 % fi = Diametro del acero del estribo (cm)
24 % s = Espaciamiento del estribo (cm)
25 % RESULTADOS
26 % C = Compresión resultante del concreto (Kg)
27 % MC = Momento flector que aporta la compresión (kgcm)
28 %-----
29 switch modelo_concreto
30 % 1. MODELO RECTANGULAR DE WHITNEY PARA CONCRETO NO CONFINADO
31 case 1
32     a=0.85*c;
33     C=0.85*fc*a*b;
34     MC=C*(a/2);
35 % 2. MODELO KENT Y PARR PARA CONCRETO NO CONFINADO
36 case 2
37     if ec<eo
38         alfa=ec*(3*eo-ec)/(3*eo^2);
39         gana=(8*eo-3*ec)/(4*(3*eo-ec));
40     else
41         e50u=(3+eo*fc*14.2233)/(fc*14.2233-1000); % NO OLVIDAR LAS UNIDADES DEL CONCRETO
42         Z=0.5/(e50u-eo);
43         alfa=(5*ec-2*eo-3*Z*(ec-eo)^2)/(6*ec);
44         gana=(5*Z*ec^2*eo+5*ec^2-4*Z*ec^3-eo^2-2*Z*eo^3)/(ec*(12*ec-4*eo-6*Z*ec^2+12*Z*eo^2)+
45             c-5*Z*eo^2));
46     endif
47     C=alfa*fc*b*c;
48     MC=C*gana*c;
49 % 3. MODELO KENT Y PARR PARA CONCRETO CONFINADO
50 case 3
51     hr=c-r;
52     ecm=ec; % =hr*ec/(c*r);
53     if ecm<eo
54         alfa=ec*(3*eo-ec)/(3*eo^2);
55         alfacs=ecm*(3*eo-ecm)/(3*eo^2);
56         gana=(8*eo-3*ec)/(4*(3*eo-ec));
57         ganacs=(8*eo-3*ecm)/(4*(3*eo-ecm));
58     else
59         bdoble=b-2*r;
60         bprima=bdoble-fi;
61         hdoble=h-2*r;
62         hprima=hdoble-fi;
63         As=pi*fi^2/4;
64         rho=2*(bprima*hprima)*As/(bdoble*hdoble*s);
65         e50u=(3+eo*fc*14.2233)/(fc*14.2233-1000);
66         e50h=3*rho*sqrt(bdoble*s)/4;
67         Z=0.5/(e50u+e50h-eo);
68         alfa=(5*ec-2*eo-3*Z*(ec-eo)^2)/(6*ec);
69         alfacs=(5*ecm-2*eo-3*Z*(ecm-eo)^2)/(6*ecm);

```



```

69      gana=(6*Z*ec^2*eo+6*ec^2-4*Z*ec^3-eo^2-2*Z*eo^3)/(ec*(12*ec-4*eo-6*Z*ec^2+12*Z*eo*ec-6*Z*eo^2));
70      ganach=(6*Z*ecm^2*eo+6*ecm^2-4*Z*ecm^3-eo^2-2*Z*eo^3)/(ecm*(12*ecm-4*eo-6*Z*ecm^2+12*Z*eo*ecm-6*Z*eo^2));
71      endif
72      Cc=alfa*fc*(b-2*r)*(c-r);
73      Cn=alfach*fc*2*r*hr;
74      C=Cc+Cn;
75      MC=Cc*gana*(c-r)+Cn*ganach*hr;
76      % 4. MODELO PARK ET AL. PARA CONCRETO CONFINADO
77      otherwise
78          hr=c-r;
79          ecm=ec; % =hr*ec/(c*r);
80          bdoble=b-2*r;
81          hprima=bdoble-fi;
82          hdoble=h-2*r;
83          hprima=hdoble-fi;
84          As=pi*fi^2/4;
85          rho=2*(hprima+hprima)*As/(bdoble*hdoble*s);
86          k=1+rho*fy/fc;
87          if ecc<eo
88              alfa=ec*(3*k*eo-ec)/(3*k*eo^2);
89              alfach=ecm*(3*k*eo-ecm)/(3*k*eo^2);
90              gana=(8*k*eo-3*ec)/(4*(3*k*eo-ec));
91              ganach=(8*k*eo-3*ecm)/(4*(3*k*eo-ecm));
92          else
93              e50u=(3+0.29*fc*14.2233)/(145*fc*14.2233-1000);
94              e50h=3*rho*sqrt(bdoble/s)/4;
95              Z=0.5/(e50u+e50h+k*eo);
96              alfa=(6*ec-2*k*eo-3*Z*(ec-k*eo)^2)/(6*ec);
97              alfach=(6*ecm-2*k*eo-3*Z*(ecm-k*eo)^2)/(6*ecm);
98              gana=(6*Z*ec^2*k*eo+6*ec^2-4*Z*ec^3-k*eo^2-2*Z*k*eo^3)/(ec*(12*ec-4*k*eo-6*Z*ec^2+12*Z*k*eo*ec-6*Z*k*eo^2));
99              ganach=(6*Z*ecm^2*k*eo+6*ecm^2-4*Z*ecm^3-k*eo^2-2*Z*k*eo^3)/(ecm*(12*ecm-4*k*eo-6*Z*ecm^2+12*Z*k*eo*ecm-6*Z*k*eo^2));
100         endif
101         Cc=alfa*k*fc*(b-2*r)*(c-r);
102         Cn=alfach*k*fc*2*r*hr;
103         C=Cc+Cn;
104         MC=Cc*gana*(c-r)+Cn*ganach*hr;
105     endswitch
106 endfunction

```

Anexo N° 15. Programa PLASTIFICACIÓN.

```
1 function [fs] = plastificacion(modelo_acero,es,fy,fsu,esh,esu)
2 %-----
3 % El programa "plastificación" es complemento del programa "mcurvatura".
4 % Calcula el esfuerzo del acero en la zona de endurecimiento según el modelo
5 % elegido.
6 %
7 % Por: Saul Elvis Hinojosa LLanto.
8 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
9 % 25/02/2021
10 %-----
11 % [fs]=plastificacion(modelo_acero,es,fy,fsu,esh,esu)
12 %-----
13 % DATOS DE ENTRADA
14 % modelo_acero = Modelo constitutivo elegido para el acero
15 % es = Deformación unitaria del acero (Adimensional)
16 % fy = Esfuerzo de fluencia del acero (Kg/cm2)
17 % fsu = Resistencia ultima del acero = 1.5fy (Kg/cm2)
18 % esh = Deformación de endurecimiento = 0.008
19 % esu = Deformación de fractura = 0.11
20 % RESULTADOS
21 % fs = Esfuerzo asociado a la deformación "es" (Kg/cm2)
22 %-----
23 switch modelo_acero
24 % 1. ZONA DE ENDURECIMIENTO MODELO TRILINEAL
25 case 1
26     Esh=(fsu-fy)/(esu-esh);
27     fs=fy+Esh*(es-esh);
28 % 2. ZONA DE ENDURECIMIENTO MODELO PARK Y PAULAY
29 otherwise
30     n=esu-esh;
31     m=((fsu/fy)*(30*n+1)^2-60*n-1)/(15*n^2);
32     A=m*(es-esh)+2;
33     B=60*(es-esh)+2;
34     C=(es-esh)*(60-m);
35     D=2*(30*n+1)^2;
36     fs=fy*(A./B+C./D);
37 endswitch
38 endfunction
```

Anexo N° 16. Programa BILINIAL.

```
1 function [R]=bilineal(r3,r8,n)
2 %-----
3 % El programa "bilineal" es complemento del programa "mcurvatura".
4 % Reduce la curva momento curvatura a una curva bilineal, osea a dos rectas.
5 % la primera recta representa el comportamiento elastico de la sección y la
6 % segunda representa el comportamiento de post fluencia.
7 %
8 % Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
9 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
10 % 25/02/2021
11 %-----
12 % [R]=bilineal(r3,r8,n)
13 %-----
14 % DATOS DE ENTRADA
15 % r3 = Vector con el cambio de esfuerzos del acero (Kg/cm2)
16 % r8 = matriz con los momentos y la curvatura (1/m,Tm)
17 % n = Número de capas de refuerzo
18 % RESULTADOS
19 % R = Puntos notables de fluencia y rotura
20 % Curva bilinealizada
21 %-----
22 % 1. CÁLCULO DE b1.
23 puntos_izq=find(r3(:,n)<4200);
24 puntos_izq(1)=[];
25 fi=r8(puntos_izq,1);
26 M=r8(puntos_izq,2);
27 fim=fi.*M;
28 fi2=fi.^2;
29 sfi=sum(fi);
30 SM=sum(M);
31 sfim=sum(fim);
32 sfi2=sum(fi2);
33 N=numel(puntos_izq);
34 b1=(sfim-sfi*SM/N)/(sfi2-sfi^2/N);
35 % 2. CÁLCULO DE b2.
36 puntos_der=find(r3(:,n)>=4200);
37 fi=r8(puntos_der,1);
38 M=r8(puntos_der,2);
39 fim=fi.*M;
40 fi2=fi.^2;
41 sfi=sum(fi);
42 SM=sum(M);
43 sfim=sum(fim);
44 sfi2=sum(fi2);
45 N=numel(puntos_der);
46 b2=(sfim-sfi*SM/N)/(sfi2-sfi^2/N);
47 % 3. CÁLCULO DE a2, fty y My.
48 a2=SM/N-b2*sfi/N;
49 fty=a2/(b1-b2);
50 My=b1*fty;
51 % 4. ORGANIZACIÓN
52 x=[r8(1,1),fty,r8(end,1)];
53 y=[r8(1,2),My,r8(end,2)];
54 R=[x',y'];
55 % 4. DIAGRAMACIÓN.
56 hold on % Sobreescribe
57 plot(x,y,'-o')
58 title('DIAGRAMA MOMENTO CURVATURA (Sección Rectangular)')
59 xlabel('fi (1/m)')
60 ylabel('M (T.m)')
61 grid on
62 endfunction
```

Anexo N° 17. Programa TRILINIAL.

```
1 function [R] = trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
2 %
3 % El Modelo Trilineal el acero, nos muestra la capacidad que posee
4 % el acero de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo
5 % máximo.
6 % Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
7 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
8 % 25/02/2021
9 %
10 % [R] = trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
11 %
12 % DATOS DE ENTRADA
13 % Es = Modulo de elasticidad = fy/ey (Kg/cm2)
14 % fy = Resistencia de fluencia del acero (Kg/cm2)
15 % fsu = Resistencia ultima del acero = 1.5fy (Kg/cm2)
16 % ey = Deformación unitaria de fluencia = 0.002
17 % esh = Deformación de endurecimiento = 0.008
18 % esu = Deformación de fractura = 0.11
19 % SALIDA DE RESULTADOS
20 % R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
21 %
22 % 1. CÁLCULO DE LA CURVA CONSTITUTIVA
23 e=[0,ey,esh,esu]';
24 f=[0,fy,fy,fsu]';
25 R=[e,f];
26
27 % 2. DIAGRAMACIÓN
28 hold on % Sobreescribe
29 plot(e,f,'-o')
30 title('MODELO TRILINEAL PARA EL ACERO')
31 xlabel('e')
32 ylabel('f (kg/cm2)')
33 grid on
34
35 endfunction
```

Anexo N° 18. Programa PARKYPAULAY.

```

1  function [R] = parkypaulay(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
2  %-----
3  % El Modelo de Park y Paulay (1975), nos muestra la capacidad que posee
4  % la estructura de admitir deformaciones una vez alcanzado el esfuerzo
5  % máximo.
6  %
7  % Por: Saul Elvis Hinostrosa LLanto.
8  % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
9  % 25/02/2021
10 %-----
11 % [R] = parkypaulay(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
12 %-----
13 % DATOS DE ENTRADA
14 % E = Modulo de elasticidad = 2.1E6 Kg/cm2
15 % fy = Resistencia de fluencia del acero = 4200 Kg/cm2
16 % fu = Resistencia ultima del acero = 6300 Kg/cm2
17 % ey = Deformación unitaria de fluencia = 0.002
18 % eh = Deformación de endurecimiento = 0.008
19 % eu = Deformación de fractura = 0.11
20 % SALIDA DE RESULTADOS
21 % R = Modelo park y paulay del acero
22 %-----
23 % 1. CÁLCULO DE LA CURVA CONSTITUTIVA
24 % Zona: e < ey
25 % e1 = 0:0.0005:ey;
26 % fs1 = Es*e1;
27 % Zona: ey < e < esh
28 % e2 = ey+0.001:0.001:esh;
29 % n = size(e2, 2);
30 % fs2 = fy*ones(1,n);
31 % Zona: esh < e < esu
32 % r = esu-esh;
33 % m = ((fsu/fy)*(30*r+1)^2-60*r-1)/(15*r^2);
34 % e3 = esh+0.005:0.005:esu;
35 % A = m*(e3-esh)+2;
36 % B = 60*(e3-esh)+2;
37 % C = (e3-esh)*(60-m);
38 % D = 2*(30*r+1)^2;
39 % fs3 = fy*(A./B+C./D);
40 % 2. CONCATENANDO SALIDA
41 % e = [e1 e2 e3];
42 % fs = [fs1 fs2 fs3];
43 % R = [e', fs'];
44 % 3. DIAGRAMACIÓN
45 % hold on % Sobreescribe
46 % plot(e, fs, '-o')
47 % title('MODELO PARK Y PAULAY PARA EL ACERO')
48 % xlabel('e')
49 % ylabel('fs (kg/cm2)')
50 % grid on
51 endfunction

```

Anexo N° 19. Programa KENTYPARK1.

```
1 function [R] = kentypark1(fc)
2 %-----
3 % El programa "kentypark1" construye la curva constitutiva del concreto no
4 % confinado. Esta curva es la relación esfuerzo - deformación que nos muestra:
5 % la capacidad del concreto para admitir deformaciones.
6 %
7 % Por: Saul Elvis Hinojosa LLanto.
8 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
9 % 25/02/2021
10 %-----
11 % [R] = kentypark1(fc,b,h,r,fi,As,s)
12 %-----
13 % DATOS DE ENTRADA
14 % fc = Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2)
15 % RESULTADOS
16 % R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
17 %-----
18 % 1. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES
19 fc=fc*14.2233 % lb/plg2
20 % 2. CÁLCULO DE LA CURVA
21 % Zona 1:  $ec \leq eo$ 
22 eo=0.002;
23 ec1=linspace(0,eo,10) % División de la abscisa
24 fc1=fc*(2*ec1/eo-(ec1/eo).^2) % lb/plg2
25 % Zona 2:  $eo < ec \leq eu$ 
26 e50u=(3+eo*fc)/(fc-1000)
27 Z=0.5/(e50u-eo)
28 eu=eo+0.8/Z
29 ec2=linspace(eo,eu,2) % División de la abscisa
30 fc2=fc*(1-Z*(ec2-eo)) % lb/plg2
31 % 3. CONCATENACIÓN
32 ec=[ec1 ec2];
33 fc12=[fc1/14.2233 fc2/14.2233];
34 R=[ec',fc12'];
35 % 4. DIAGRAMACIÓN
36 hold on % Sobreescribe
37 plot(ec,fc12,'-o')
38 title('MODELO KENT Y PARK PARA EL CONCRETO NO CONFINADO')
39 xlabel('ec')
40 ylabel('fc (kg/cm2)')
41 grid on
42 endfunction
```

Anexo N° 20. Programa KENTYPARK2.

```
1 function [R] = kentypark2(fc,b,h,r,fi,As,s)
2 %-----
3 % El programa "kentypark2" construye la curva constitutiva del concreto
4 % confinado. Esta curva es la relación esfuerzo - deformación que nos muestra
5 % la capacidad del concreto para admitir deformaciones. Contempla el incremento
6 % de ductilidad por el confinamiento.
7 %
8 % Por: Saul Elvis Hinostroza LLanto.
9 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
10 % 25/02/2021
11 %-----
12 % [R] = kentypark2(fc,b,h,r,fi,As,s)
13 %-----
14 % DATOS DE ENTRADA
15 % fc = Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2)
16 % b = Ancho de la sección (cm)
17 % h = Peralte de la sección (cm)
18 % r = Recubrimiento de la sección (cm)
19 % fi = Diámetro del estribo (cm)
20 % As = Área del estribo (cm2)
21 % s = Espaciamiento del refuerzo transversal (cm)
22 % RESULTADOS
23 % R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
24 %-----
25 % 1. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES
26 % fc=fc*14.2233; % lb/plg2
27 % 2. CÁLCULO DE LA CURVA
28 % Zona 1: ec <= eo
29 % eo=0.002;
30 % ec1=linspace(0,eo,10) % División de la abscisa
31 % fc1=fc*(2*ec1/eo-(ec1/eo).^2) % lb/plg2
32 % Zona 2: eo < ec <= e20c
33 % bdoble=b-2*r
34 % bprima=bdoble-fi
35 % hdoble=h-2*r
36 % hprima=hdoble-fi
37 % rho=2*(bprima+hprima)*As/(bdoble*hdoble*s)
38 % e50u=(3+eo*fc)/(fc-1000)
39 % e50h=3*rho*sqrt(bdoble/s)/4
40 % Z=0.5/(e50u+e50h-eo)
41 % e20c=eo+0.8/Z
42 % ec2=linspace(eo,e20c,2) % División de la abscisa
43 % fc2=fc*(1-Z*(ec2-eo)) % lb/plg2
44 % 3. CONCATENACIÓN
45 % ec=[ec1 ec2];
46 % fc12=[fc1/14.2233 fc2/14.2233];
47 % R=[ec',fc12'];
48 % 4. DIAGRAMACIÓN
49 % hold on % Sobreescribe
50 % plot(ec,fc12,'-o')
51 % title('MODELO KENT Y PARK PARA EL CONCRETO CONFINADO')
52 % xlabel('ec')
53 % ylabel('fc (kg/cm2)')
54 % grid on
55 endfunction
```

Anexo N° 21. Programa PARK.

```

1 function [R] = park(fc,b,h,r,fi,As,s,fyv)
2 %
3 % El programa "park" construye la curva constitutiva del concreto. Utiliza
4 % el modelo propuesto por Park et al(1982) que es una versión mejorada del
5 % modelo Kent y Park (1971). Contempla el incremento de resistencia y
6 % ductilidad por el confinamiento.
7 %
8 % Por: Saul Elvis Hinojosa Llanto.
9 % UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
10 % 25/02/2021
11 %
12 % [R] = park(fc,b,h,r,fi,As,s,fyv)
13 %
14 % DATOS DE ENTRADA
15 % fc = Resistencia a compresión del concreto (Kg/cm2)
16 % b = Ancho de la sección (cm)
17 % h = Peralte de la sección (cm)
18 % r = Recubrimiento de la sección (cm)
19 % fi = Diámetro del estribo (cm)
20 % As = Área del estribo (cm2)
21 % s = Espaciamiento del refuerzo transversal (cm)
22 % fyv = Esfuerzo de fluencia del estribo (Kg/cm2)
23 % RESULTADOS
24 % R = Esfuerzo y deformación (Adimensional, Kg/cm2)
25 %
26 % 1. TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES A lb/plg2
27 fc=fc*14.2233
28 fyv=fyv*14.2233
29 % 2. CÁLCULO DE LA CURVA CONSTITUTIVA
30 % Zona 1:  $ec \leq k \cdot eo$ 
31 % Deformación
32 eo=0.002;
33 ec1=linspace(0,eo,10) % División de la abscisa
34 % Esfuerzo
35 bdouble=b-2*r
36 hprima=bdouble-fi
37 hdouble=h-2*r
38 hprima=hdouble-fi
39 rho=2*(hprima+hprima)*As/(bdouble*bdouble*s)
40 k=1+rho*fyv/fc
41 fc1=k*fc*(2*ec1/(k*eo)-(ec1/(k*eo)).^2) % lb/plg2
42 % Zona 2:  $k \cdot eo < ec \leq eu$ 
43 % Deformación
44 e50u=(3+0.29*fc)/(145*fc-1000)
45 e50h=3*rho*sqrt(bdouble/s)/4
46 z=0.5/(e50u+e50h+k*eo)
47 eu=k*eo+0.8/z
48 ec2=linspace(eo,eu,2) % División de la abscisa
49 % Esfuerzo
50 fc2=k*fc*(1-z*(ec2-k*eo)) % lb/plg2
51 % 3. CONCATENACIÓN
52 ec=[ec1 ec2];
53 fc12=[fc1/14.2233 fc2/14.2233];
54 R=[ec',fc12'];
55 % 4. DIAGRAMACIÓN
56 hold on % Sobreescribe
57 plot(ec,fc12,'-o')
58 title('MODELO PARK PARA EL CONCRETO CONFINADO')
59 xlabel('ec')
60 ylabel('fc (kg/cm2)')
61 grid on
62 endfunction

```


Anexo N° 22. Interfaz de OCTAVE

Octave

Archivo

Editar

Depurar

Ventana

Ayuda

Noticias

Explorador de archivos

Directorio actual: RESULTADOS/SISTEMA DE COMPUTACIÓN

Nombre

trilineal.m

plastificacion.m

pl-1.xlsx

parkypaulay.m

park.m

mocurval.png

mocurval.m

kenypark2.m

kenypark1.m

compresion.m

bilineal.m

Espacio de trabajo

Filter

Nombre	Clase	Dimension	Valor	Atributo
ans	char	1x36	trilineal(Es, fy, f...	

Historial de comandos

Filter

```
# Octave 6.2.0, Sun Mar 21 16:25:29 2021 GMT <unknown@LAPTOP-BQHLGVT5> ^
# Octave 6.2.0, Tue Mar 23 21:29:53 2021 GMT <unknown@LAPTOP-BQHLGVT5> ^
# Octave 6.2.0, Mon Apr 05 00:43:58 2021 GMT <unknown@LAPTOP-BQHLGVT5>
[R, r3, r8, n] = mocurval()
park(fc, b, h, r, fi, As, s, fyv)
trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
' trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)'
```

Ventana de comandos

Ingrese el archivo de datos: "pkg load io"
error: 'xlswread' undefined near line 26, column 26
error: 'xlswread' undefined near line 26, column 26

Functions for spreadsheet style I/O (.xls, .xlsx, .sxc, .ods, .dbf, .wkl
etc.) are provided in the io package. See
<https://octave.sourceforge.io/io/>.

Please read <https://www.octave.org/missing.html> to learn how you can
contribute missing functionality.
error: called from
 mocurval at line 26 column 7
>> park(fc, b, h, r, fi, As, s, fyv)
error: 'fc' undefined near line 1, column 1
>> trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
error: 'Es' undefined near line 1, column 1
>> 'trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)'
ans = trilineal(Es, fy, fsu, ey, esh, esu)
>> |

Ventana de comandos

Documentación

Editor de variables

Editor

1:33 p.m.

06/04/2021

Escribe aquí para buscar.